

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE MONTES**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**



Insect communities associated to the fungus  
*Inonotus radiatus* growing on *Alnus glutinosa* trees  
at northern and southern shores of boreal lakes

**Autor:**

Clara González Alonso

**Director/es – Tutor:**

Mats Jonsell y Atte Komonen  
José Antonio Sáiz de Omeñaca

Septiembre de 2010

**Título del P.F.C.:**

Insect communities associated to the fungus *Inonotus radiatus* growing on *Alnus glutinosa* trees at northern and southern shores of boreal lakes

**Autor:**

**Vº Bº del Tutor**

Fdo. Clara González Alonso

Fdo. José Antonio Sáiz de Omeñaca

Septiembre de 2010

**“©UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, AÑO 2010, TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS”**

**Título del P.F.C.:**

Insect communities associated to the fungus *Inonotus radiatus* growing on *Alnus glutinosa* trees at northern and southern shores of boreal lakes

**Autor:** Clara González Alonso

**Director/es:** Mats Jonsell y Atte Komonen

**Tutor:** José Antonio Sáiz de Omeñaca

**Tribunal:**

**PRESIDENTE**

**VOCAL**

**SECRETARIO**

Fdo.

Fdo.

Fdo.

**CALIFICACIÓN:**.....

**Fecha:** Madrid,

**OBSERVACIONES:**

**Título del P.F.C.:**

Insect communities associated to the fungus *Inonotus radiatus* growing on *Alnus glutinosa* trees at northern and southern shores of boreal lakes

(Comunidades de insectos asociadas a *Inonotus radiatus* desarrollados sobre *Alnus glutinosa* en las orillas norte y sur de lagos boreales)

**Autor:** Clara González Alonso

**Director/es:** Mats Jonsell y Atte Komonen

**Tutor:** José Antonio Sáiz de Omeñaca

**Departamento:** Silvopascicultura

**RESUMEN**

Este proyecto de investigación, es un estudio de la comunidad de insectos asociada al hongo descomponedor de madera *Inonotus radiatus* desarrollado sobre *Alnus glutinosa* en bosques de ribera localizados en las orillas norte y sur de lagos boreales. Hoy en día, esta especie de hongo ha sido poco estudiada y por tanto el conocimiento sobre ella y su fauna asociada es limitado. Por tanto, una gran cantidad de interesantes datos han sido recogidos durante este proyecto y son aquí presentados. Los insectos fueron criados en un laboratorio a partir de muestras tomadas en campo de cuerpos de fructificación del hongo en cuestión. La mayor parte de los insectos recogidos fueron identificados y clasificados en el mismo laboratorio a medida que fueron apareciendo en las muestras. Durante el trabajo de campo, se recogieron a su vez datos sobre distintas variables medio ambientales. Tras el periodo de cría se llevó a cabo un análisis de estas variables y su influencia sobre las comunidades de insectos. Se presta especial atención a la comparación entre las comunidades de insectos asociadas a la orilla norte y sur de cada lago. Consideramos que los microclimas en orillas opuestas son distintos debido a la diferente exposición solar que reciben en esas latitudes. Las variables que han resultado tener un mayor impacto sobre los insectos han sido el lago, el peso de la muestra y la exposición solar recibida por el hongo. También son presentadas las preferencias de algunos de los taxones atendiendo al estado de descomposición de los cuerpos de fructificación del hongo. Entre las especies recogidas, encontramos una especie de coleóptero protegida en la actual Lista Roja Sueca y otras tres especies que estuvieron protegidas en Listas Rojas de años anteriores, pero no lo están actualmente. Las distribuciones de éstas y otras especies incluidas en nuestros datos son también revisadas para analizar la precisión de la Lista Roja.

**Palabras clave:** insectos fungívoros, hongos descomponedores, preferencias sustratos, exposición solar, etapa sucesional, Lista Roja, bosques de ribera, conservación de la naturaleza

# Índice

<b>Introducción y objetivos.....</b>	<b>6</b>
<i>Breve descripción del estudio.....</i>	<i>6</i>
<i>Sistema de estudio.....</i>	<i>6</i>
<i>Motivaciones del estudio.....</i>	<i>7</i>
<i>Objetivos del proyecto.....</i>	<i>9</i>
<b>Materiales y métodos.....</b>	<b>10</b>
<i>Lugares de muestreo.....</i>	<i>10</i>
<i>Muestreo.....</i>	<i>10</i>
<i>Variables medidas.....</i>	<i>11</i>
<i>Cría.....</i>	<i>12</i>
<i>Identificación y clasificación de especies.....</i>	<i>13</i>
<i>Análisis estadísticos.....</i>	<i>14</i>
<b>Resultados.....</b>	<b>16</b>
<i>Datos generales para toda la comunidad.....</i>	<i>16</i>
<i>Datos generales para las comunidades del norte y del sur.....</i>	<i>20</i>
<i>Asociaciones de variables para taxones individuales.....</i>	<i>23</i>
<i>La variable `etapa sucesional´ en mayor detalle.....</i>	<i>25</i>
<i>Especies en la Lista Roja y sus distribuciones.....</i>	<i>27</i>
<b>Discusión.....</b>	<b>29</b>
<i>Conclusiones generales sobre los datos recogidos.....</i>	<i>29</i>
<i>Asociación de variables para taxones individuales.....</i>	<i>30</i>
<i>La variable `etapa sucesional´.....</i>	<i>32</i>
<i>Especies protegidas en la Lista Roja.....</i>	<i>34</i>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>35</b>
<b>Apéndice 1.....</b>	<b>35</b>
<b>Apéndice 2.....</b>	<b>35</b>
<b>Bibliografía y Referencias.....</b>	<b>35</b>

## Introducción y objetivos

### Breve descripción del estudio

Este proyecto es un estudio de la comunidad de insectos asociada al hongo *Inonotus radiatus* creciendo sobre madera en descomposición de alisos (*Alnus glutinosa*) localizados en bosques de ribera desarrollados en las orillas norte y sur de lagos boreales. Este trabajo de investigación está basado en los insectos criados en laboratorio a partir de cuerpos de fructificación recogidos en campo. Tras la cría de insectos, se analizó la influencia de distintas variables medioambientales sobre la riqueza y la distribución de las especies encontradas.

En primer lugar se presentan datos sobre la frecuencia y patrones de distribución de los insectos recolectados. Especial interés es mostrado por las especies protegidas asociadas a este sistema de estudio. Ha sido registrada una especie actualmente incluida en la Lista Roja Sueca y tres especies más que han sido excluidas en la última Lista Roja pero fueron objeto de protección en listas de años anteriores.

Se analiza cómo los niveles de exposición solar afectan a la comunidad de insectos, así como otras variables referidas a características del árbol utilizado como huésped y del hongo en cuestión. En relación al árbol huésped, se consideran variables como distancia a la orilla, diámetro del tronco, tipo de tronco y exposición solar. En relación al hongo, las variables observadas son: etapa sucesional, orientación de los cuerpos de fructificación en el tronco, altura sobre el suelo y superficie ocupada sobre el tronco por los cuerpos de fructificación (Ver Tabla 1).

### Sistema de estudio

*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn es una frondosa, perteneciente a la familia Betulaceae, distribuida por toda Europa y que fue introducida en Estados Unidos y las islas Azores. Por el momento, esta especie de crecimiento rápido no ha sido muy empleada en bosques gestionados. Sin embargo, durante las últimas décadas ha incrementado el interés respecto a su posible uso, sobre todo por ser una especie fijadora de nitrógeno junto con actinomicetos del género *Frankia*. En cuanto a su papel como posible huésped para diversos insectos, es considerado un huésped alternativo para muchas especies de coleópteros xilófagos saprofitos que predominantemente utilizan *Quercus* y *Populus* (Jonsell, 1991).

*Inonotus* Karst. es un amplio género dentro de los Hymenochaetales distribuido por todo el mundo (Wagner & Fischer, 2002) cuya sistemática hace frente a muchos problemas taxonómicos (Gottlieb et al., 2002). Todas las especies incluidas en este género viven como parásitos o saprófitos en una amplia variedad de angiospermas y gimnospermas, causando siempre pudrición blanca de la madera infectada (Germain et al., 2002; Wagner & Fischer, 2002). Este género es además considerado económicamente importante ya que afecta a varias especies arbóreas productivas así como a otros árboles ornamentales (Intini & Tello, 2003).

Particularmente, *Inonotus radiatus* es un hongo estrictamente saprófito de frondosas, atacando únicamente a tejidos muertos y que a menudo coloniza la madera cuando su nivel de descomposición es ya avanzado (Gilbertson and Ryvarden, 1986).

Los cuerpos de fructificación utilizados en este proyecto, proceden exclusivamente de alisos. Esta especie representa su huésped principal aunque ha sido registrado creciendo en otras frondosas (Germain et al., 2002; Buczacki & Harris, 1998; Neuman, 1914; Legon & Henrici, 2005; Grand & Vernia, 2005).

La comunidad de insectos asociada a este hongo incluye diversos niveles dentro de una compleja y rica en especies red de alimentación. Ésta incluye tanto insectos fungívoros y xilófagos como depredadores, parásitos e hiperparásitos y contribuye a mantener la biodiversidad del ecosistema del bosque.

El sistema de estudio como conjunto se encuadra en los ecotonos naturales representados por los bosques de ribera desarrollados a lo largo de las orillas de lagos. Así, los lugares de muestreo que son comparados a lo largo del proyecto, prácticamente difieren entre sí sólo porque sus orillas están orientadas hacia el sur o hacia el norte.

### *Motivaciones del estudio*

Es globalmente aceptado que debemos llevar a cabo una gestión sostenible de nuestros bosques alrededor del mundo y el mantenimiento de la biodiversidad, es generalmente considerado un buen criterio de sostenibilidad. Al mismo tiempo, la madera muerta y los insectos saprófitos asociados a ella, han sido reconocidos como factores clave para este mantenimiento de la biodiversidad en los ecosistemas de los bosques (Bütler Sauvain, Ehnström, 2003; Komonen, 2003; Larsson, 2001; Harmon et al., 1986; Jonsell et al., 2001; Grove, 2002; WWF report, Oct 2004). La actividad humana en el sector forestal representa a menudo una amenaza para los hongos que dependen de la madera muerta (Bader et al., 1995; Kouki et al., 2001; Olsson, 2008; Stenbacka, 2009; Berg et al., 1995). Por ello, el estudio de un sistema concreto, basado en madera en descomposición de alisos, puede ayudar a la hora de gestionar montes en los que esta especie esté presente y al mismo tiempo, incrementa el conocimiento general sobre la fauna de insectos relacionada con el microhábitat ofrecido por los tocones, troncos y árboles en pie colonizados por este hongo en particular.

Los extremos de bosques, y particularmente estos ecotonos ribereños, reúnen algunas características específicas que los convierten en ecosistemas muy interesantes para el desarrollo de estudios ecológicos (Naiman & Décamps, 1990; Schiemer & Zalewski, 1992; Risser, 1995). Según Komonen (2009), particularmente en la región de Upland (Suecia) en la que este proyecto se desarrolla, estos bosques de ribera representan ecosistemas que difieren notablemente de la mayoría de los bosques interiores dominados por coníferas, ofreciendo una alta heterogeneidad de hábitats a la región. Además, zonas de ribera que no han sido gestionadas, pueden representar importantes hábitats para muchas especies en general, e incluso para muchas especies raras o protegidas por la Lista Roja que dependen de restos de madera (Komonen et al., 2008).

En Suecia, han sido definidas zonas de amortiguamiento en estos bosques de ribera. Esta zonas se protegen apelando al riesgo de afectar negativamente a la calidad de las aguas de los lagos y ríos si estos bosques fueran eliminados. Este estudio podría ser útil para la gestión de estos bosques, ayudando al futuro diseño de estas zonas de amortiguamiento teniendo en cuenta no sólo el mantenimiento de la calidad de las aguas, sino también la necesidad de proteger la biodiversidad albergada en ellas.

En general, los cuerpos de fructificación de hongos de pudrición representan un sustrato bien definido y rico en especies que puede ser fácilmente manipulado (Jonsell et al., 2001; Komonen, 2003; Jonsson & Nordlander, 2006). Particularmente, los poliporos en general, son conocidos por ofrecer una gran variedad de nichos ecológicos que pueden contener una fauna de artrópodos altamente variada (Thunes, 1994). Hasta la fecha, la mayoría de los estudios sobre insectos relacionados con poliporos, se han centrado únicamente en un número reducido de especies de hongos. Aunque sean aplicadas las más avanzadas prácticas de conservación de la naturaleza, especies poco conocidas científicamente podrían desaparecer de sus hábitats por culpa de una falta de información a nivel de especie (Schigel, 2009). Porque muchas especies de insectos dependen de varios hongos asociados a madera en descomposición, sería deseable estudiar comunidades de insectos relacionadas con especies de hongos que aún no han sido investigadas (Ehnström, 2003). De este modo, el material recogido en este estudio a partir de las muestras de *Inonotus radiatus*, será especialmente interesante y contribuirá en primer lugar, al aumento del conocimiento ecológico sobre insectos fungívoros en general.

Además, si el uso de *Alnus glutinosa* en el campo forestal se ve realmente incrementado, la información presentada en este proyecto podrá ser útil para la futura gestión de estos bosques, en concreto para la gestión de los residuos madereros. El conocimiento sobre la fauna de insectos asociada a estos árboles y sobre el papel desempeñado por la madera en descomposición, los hongos y los insectos que forman el sistema, es muy valioso para llevar a cabo una gestión sostenible del bosque.

Otra motivación importante para este proyecto fue la probabilidad de recolectar especies protegidas en la Lista Roja, ya que en los bosques gestionados de Suecia, más de 900 especies que dependen de madera muerta y en descomposición están incluidas en dicha lista de protección (Berg et al., 1994). Cuando especies bajo este tipo de protección son encontradas a raíz de una investigación, toda información relacionada con sus patrones de distribución, frecuencia y requerimientos, hace que el estudio sea particularmente interesante para su uso en estudios o prácticas para conservación de la naturaleza.

La decisión de recoger muestras de las orillas norte y sur de los lagos, se tomó atendiendo a una cuestión particular que se deseaba investigar. Se sugiere que los microclimas creados en los tocones y troncos de madera localizados en orillas opuestas, difieren unos de otros por su distinta orientación respecto al sol. Consecuentemente, se considera que la exposición solar recibida en cada orilla es significativamente diferente a la que recibe su opuesta. Poco es sabido sobre estas diferencias entre niveles de exposición según la orientación del borde de un bosque no gestionado, pero si se asume que son ciertamente diferentes, será interesante probar si estas divergencias tienen un impacto real sobre las comunidades de insectos o si dicho impacto carece de importancia. Sin embargo, lo que sí ha sido ya demostrado en varios estudios es la relevancia de las preferencias de los insectos en cuanto al nivel de exposición solar recibido por sus huéspedes (Komonen & Kouki, 2005; Lindhe et al., 2005).

Sin olvidar las particularidades de este proyecto, si son encontradas respuestas importantes por parte de la comunidad de insectos frente a alguna de las variables medioambientales consideradas, los resultados conllevarán a un mejor entendimiento de sistemas similares al estudiado, aún cuando las especies de cada sistema por separado



sean diferentes. Por ejemplo, este puede ser el caso para la variable 'estado sucesional' de los cuerpos de fructificación del hongo, ya que muchos estudios han demostrado ya que ésta es una variable bastante importante e interesante que afecta a muchas comunidades de insectos que dependen de hongos para su supervivencia (Thunes, 1994; Jonsell & Nordlander, 2004; Jonsell et al, 1998; Jonsell et al., 2001; Graves, 1960).

### *Objetivos del proyecto*

Las motivaciones presentadas llevaron a la definición de los siguientes objetivos para el presente proyecto:

- 1) Presentación de datos originales sobre la comunidad de insectos asociada a este sistema, obtenidos tras la cría de los mismos en el laboratorio a partir de cuerpos de fructificación recogidos en campo.
- 2) Comparación de las comunidades encontradas en las orillas norte y sur de los lagos para analizar si los diferentes niveles de exposición solar que caracterizan a orillas opuestas, afectan significativamente a estas comunidades.
- 3) Análisis de la influencia, sobre la distribución y frecuencia de los insectos recolectados, recibida por parte de otras variables medioambientales tales como la exposición solar recibida a nivel más local, lago, peso de las muestras y etapa sucesional de los cuerpos de fructificación recogidos.
- 4) Estudio más detallado de los patrones de distribución y las respuestas presentadas por parte de los insectos recolectados, teniendo en cuenta la precisión de los criterios para protección de insectos en la Lista Roja Sueca.

## Materiales y métodos

### Lugares de muestreo

Cinco lagos diferentes orientado de este a oeste fueron seleccionados para la recolección de las muestras: Erken, Aspdalssjön, Tämnnaren, Valloxen and Ekoln. Se encuentran enclavados en un paisaje boreal, dentro de un radio de 50 km alrededor de la ciudad de Uppsala en la región de Upland, Suecia central ([Fig. 1](#)).

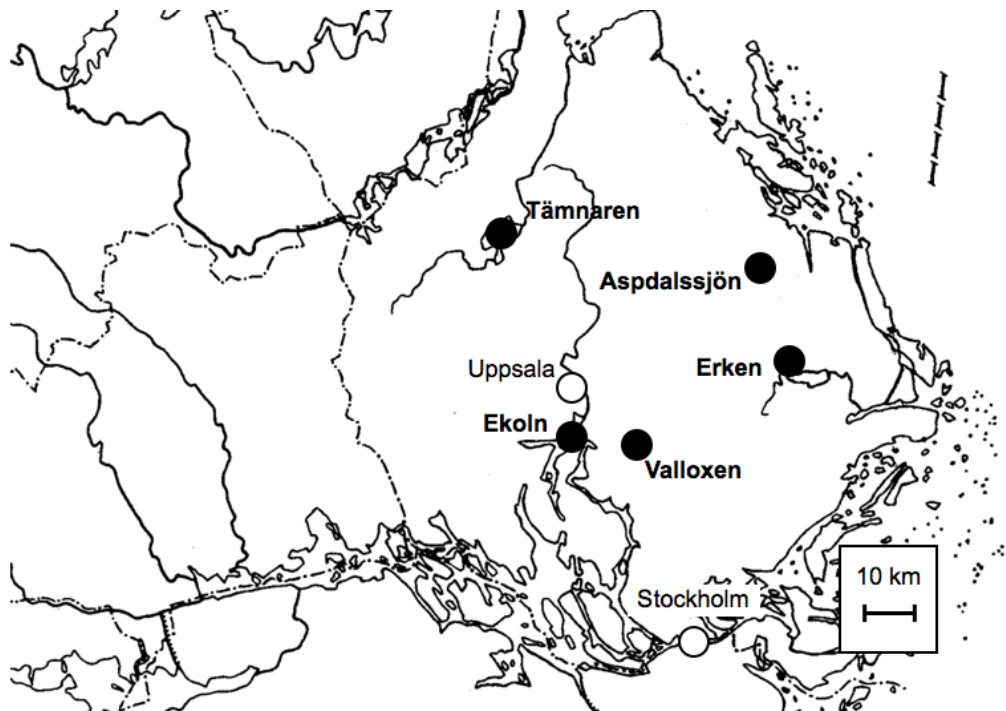


Figura 1. Mapa de ubicación de los cinco lagos seleccionados como lugares de muestreo

### Muestreo

Se diseñó la recogida de muestras de manera que se recolectaran cuerpos de fructificación de *Inonotus radiatus* desarrollados sobre diez alisos diferentes encontrados en cada orilla (norte y sur) de todos los lagos. En la práctica, sólo se encontraron 8 muestras en la orilla sur del lago Aspdalssjön y sin embargo recogimos 11 muestras en la orilla norte del lago Erken y en la orilla sur de Tämnnaren y Ekoln. Estas muestras extra fueron recogidas cuando dos de las muestras que habían sido encontradas previamente en una orilla concreta pertenecían al mismo árbol. Así, se reunieron un total de 100 muestras en el periodo de tiempo comprendido entre el 27 de enero y el 11 de febrero del 2009.

Las muestras fueron elegidas en el campo a medida que se caminaba por el hielo a lo largo de los bosques ribereños de las orillas. Se buscaron únicamente muestras del hongo desarrolladas sobre alisos, ya que este es su huésped más frecuente. De este modo, cualquier tocón, tronco o árbol en pie colonizado por *Inonotus radiatus* pudo ser objeto de este estudio, siempre y cuando la muestra no fuera demasiado pequeña para ser utilizada.

En casos en los que muchas muestras aceptables estaban localizadas en un área muy pequeña y concreta, se recogieron sólo las que no estuvieran demasiado cerca entre ellas y se buscaron más muestras avanzando por la orilla. Se utilizaron bolsas de plástico de 5 litros para recolectar los cuerpos de fructificación. Si la muestra encontrada era pequeña, se recogía la mayor parte de los cuerpos de fructificación desarrollados sobre el árbol, pero siempre dejando algunos intactos para proteger al hongo y a la fauna asociada al mismo. En caso de ser demasiado grande y superar el espacio disponible en las bolsas de 5 litros, sólo se recogía una bolsa llena, tratando de reunir cuerpos de fructificación de todos los tipos presentes en ese árbol y sin olvidar las limitaciones prácticas que presentan las herramientas disponibles.

### *Variables medidas*

Además de la recolección de los cuerpos de fructificación, para cada muestra se recogieron los siguientes datos:

Se grabaron las coordenadas RT90 de la localización de cada muestra gracias al uso de GPS, así como las siguientes variables medioambientales: 'distancia a la orilla', 'tipo de tronco', 'diámetro del tronco', 'tamaño del hongo', 'altura sobre el suelo', 'etapa sucesional', 'orientación de los cuerpos de fructificación' y 'exposición solar' ([Tabla 1](#)).

En el apéndice 1 se presenta una tabla resumen con todos los datos recogidos durante el trabajo de campo para cada una de las muestras estudiadas ([Appendix 1](#)).

Los diámetros normales de los árboles seleccionados fueron medidos con una forcípula. Para medir la altura sobre el suelo del primer y último cuerpo de fructificación y la distancia a la orilla de cada muestra, se utilizó una cinta métrica. El tipo de tronco, la etapa sucesional, la orientación sobre el tronco de los cuerpos de fructificación y el nivel de exposición solar recibido se definieron *in situ* por las personas que componían el equipo de campo cada día. Un hacha y unos cuchillos sirvieron de ayuda para separar los cuerpos de fructificación del árbol huésped, siempre tratando de incluir la menor cantidad posible de madera y corteza en la muestra. Bastones para sondear el hielo y otros utensilios de seguridad en caso de rotura del mismo (*vandringsstav* e *isdubbar* en sueco) completaron el equipamiento utilizado durante el muestreo.

**Tabla 1.** Variables medioambientales medidas

Variable	Categorías	Comentarios
Distancia a la orilla	Númérica	
Tipo de tronco	Caído Erecto	
Diámetro del tronco	Númérico	Altura del pecho o normal
Tamaño del hongo	Númérico	Superficie ocupada por los cuerpos de fructificación sobre el tronco
Altura del primer cuerpo de fructificación	Númérico	Altura sobre el suelo donde crece el primer cuerpo de fructificación sobre el tronco
Altura del último cuerpo de fructificación	Númérico	Altura sobre el suelo donde crece el cuerpo de fructificación sobre el tronco

Etapa sucesional	A = vivos	Orientación de los cuerpos de fructificación sobre el tronco
	B = recientemente muertos, algunos agujeros	
	C = muertos con muchos agujeros o grietas	
	D = muertos y desprendiéndose	
	M = más de una etapa	
Orientación	N, S, E, O, SE, SO, NE, NO	
Exposición solar	1 = exposición total	
	2 = intermedia	
	3 = sombra	

### Cría

Las muestras fueron llevadas a un laboratorio donde fueron colocadas individualmente en cajas de cría (Fig. 2). Cuando alguna muestra llegada al laboratorio se encontraba demasiado húmeda o aún congelada se sometía a un periodo de secado al aire libre durante unos pocos días. Todas las tapas de las cajas fueron selladas con cinta americana para evitar una posible salida incontrolada de insectos a través de las juntas existentes. Quedaron instalados dos viales de vidrio por cada caja, que permitieron la recolección de los insectos que en ellos fueron apareciendo, atraídos por la luz que penetra en las cajas a través de esta superficie cristalina.



Figura 2.- Muestras en el laboratorio en las cajas de cría con los viales instalados

Los insectos emergentes se preservaron en pequeños botes con etanol al 70%, exceptuando los lepidópteros, los cuales fueron almacenados en seco en una cámara frigorífica para facilitar su conservación y posterior determinación.

Los primeros insectos fueron recolectados el 20 de febrero y, a partir de esa fecha, el periodo de recolección se prolongó algo más de 8 semanas. Durante la primera semana los viales se examinaron diariamente. En las siguientes 3 semanas, se recogieron los insectos atrapados en los viales tres veces a la semana, mientras que durante la quinta y la sexta semana, éstos se vaciaron dos veces por semana.

Finalmente, una última recogida se llevó a cabo el 16 de Abril, tras una semana y media en la que sólo unos pocos individuos aparecían cada día.

Tras este periodo de cría de insectos se abrió cada caja y fue examinada exhaustivamente para recoger igualmente los insectos que habían quedado atrapados en el interior. No todos los insectos presentes en nuestras muestras son atraídos por la luz y otros simplemente no fueron capaces de encontrar el camino hasta los viales durante el periodo de cría. Con este fin, se utilizó un tamiz de cinco rejillas diferentes por el que pasaron todas las muestras al ser abiertas (Fig. 3). A su vez, teniendo en cuenta que las muestras no eran homogéneas en cuanto al peso de las mismas, el peso seco de cada una de ellas fue medido con una báscula de un gramo de precisión. Este periodo de apertura de las muestras se prolongó desde el 16 de abril hasta el 8 de mayo.

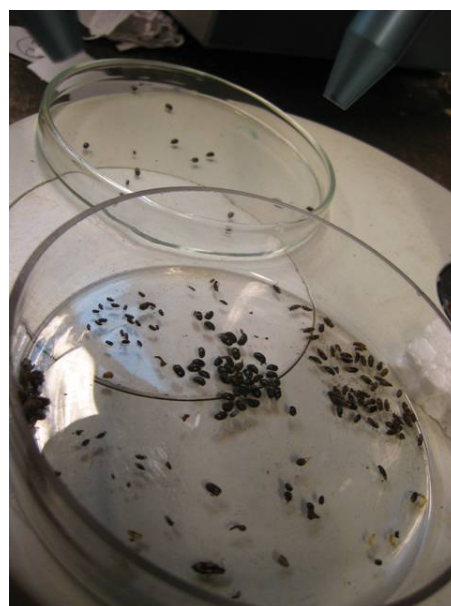


Figura 3.- Periodo de apertura: tamizado y pesado de las muestras y recolección de los últimos insectos

### Identificación y clasificación de especies

Los insectos criados y recolectados fueron identificados por Clara González Alonso bajo la supervisión de Mats Jonsell, excepto tres lepidópteros que fueron enviados al experimentado entomólogo Bengt Å. Bengtsson para su correcta determinación (*Eupithecia icterata*, *Ectoedemia* (probablemente *subbimaculella*, de lo contrario *E. albifasciella*) y seguramente *Scoparia ambigualis*).

La mayor parte de los grupos, familias y especies fueron determinados atendiendo a caracteres morfológicos empleando claves y microscopio cuando hubo necesidad de ello. Para la identificación del lepidóptero *Nemapogon cloacella* fue necesaria la preparación de genitales por su gran similitud con la especie *Nemapogon wolffellus* (Fig. 4). En total, se examinaron 22 individuos de los recolectados durante el periodo de cría. Doce de ellos resultaron ser machos y fueron claramente identificados como *Nemapogon cloacella*. Para las diez hembras restantes, así como los otros 19 individuos recogidos durante la apertura de las cajas, se asumió que pertenecían a la misma especie que los machos examinados.





Figura 4.-Especimen de *Nemapogon cloacellay* preparación de genitales para su identificación

Durante la identificación, se definieron 75 taxones diferentes, de los cuales la mayoría se corresponden con nombres científicos de especies. Una minoría de estos taxones se refiere a nombres de géneros o familias. Al resto, la autora de este proyecto les ha dado un nombre no científico basado generalmente en la morfología del taxón en cuestión. En la mayoría de estos casos, cada taxón incluye una única especie y ha sido utilizado el nombre del género y/o de la familia para definirlo.

Presentamos categorías de protección asociadas a tres Listas Rojas de Suecia diferentes. La lista actual fue publicada en el año 2005 (Gärdenfors 2005). Sin embargo, también han sido consideradas las especies que fueron incluidas en versiones anteriores de la Lista Roja Sueca (Ehnströmm.fl 1993 & Gärdenfors 2000). Éstas, según la propia Lista Roja indica, se deben considerar como especies de especial interés para la conservación de la naturaleza, aunque ya no alcancen el límite en vigencia para ser incluidas en la nueva Lista.

Los taxones se han clasificado también en diferentes grupos en función de su relación con el hongo. Las categorías definidas son: “fungívoros”, “saprófitos”, “parásitos”, “hiperparásitos”, “otros” y “desconocido”. Los insectos que se alimentan directamente del hongo pertenecen a la categoría “fungívoros”. Aquéllos que se alimentan estrictamente de madera de aliso son clasificados como “saprófitos”. Los “parásitos” son insectos que viven parasitando a alguna de nuestras especies “fungívoras” o “saprófitas”. Por lo tanto, los “hiperparásitos” son los que se desarrollan como parásitos de nuestros “parásitos”. Los que han sido clasificados como “otros”, no dependen de nuestro hongo o madera ni de los insectos directamente relacionados con ellos, y se ha considerado que fueron encontrados en las muestras porque trataban de hibernar en los cuerpos de fructificación o bien por mera casualidad. Esta clasificación se ha basado en bibliografía relacionada y en la opinión del supervisor (Nationalnyckeln, 2005; Baranowski, 1985; Palm, 1959, Koch, 1989-1992 and Hansen, 1964).

### *Análisis estadísticos*

#### - Visión general de las comunidades de insectos:

Se elaboraron “**Curvas de Dominancia-Diversidad**” ordenando las especies en secuencia desde la más a la menos abundante (y desde la especie encontrada con mayor frecuencia a la menor) a lo largo del eje de abscisas. Sus abundancias y frecuencias son

representadas en formato de logaritmo decimal en el eje de ordenadas, de modo que las especies cuya abundancia/frecuencia ocupen un rango de varios órdenes de magnitud pueden ser fácilmente acomodadas en el mismo gráfico. Del mismo modo, se elaboraron separadamente curvas para comparar las comunidades relacionadas con la orilla norte y la sur. La interpretación de estas curvas se basa en bibliografía teórica y en estudios prácticos (Whittaker, 1972; Feinsinger, 1948; Magurran, 2004; Encora, 2009; Ecoplexity, 2009)

- Asociación de variables:

Se ejecutó un modelo utilizando el programa SAS 6.12 para Macintosh (SAS, 1989-96) para llevar a cabo **regresiones múltiples de Poisson** para algunos de los taxones. Se asumen distribuciones de Poisson porque este tipo de distribuciones suelen encajar con datos en los que muchos registros son nulos (Quinn & Keough, 2002).

Se incluyen en estos análisis un total de 18 taxones, correspondientes a aquéllos cuya frecuencia es superior a diez y siendo especies fungívoras o saprófitas o bien parásitos y predadores de los anteriores ([Tabla 10](#)).

No todas las variables de las que se recogieron datos fueron incluidas en el modelo. Se ejecutó para cada taxón considerado incluyendo las variables 'peso', 'lago', 'orilla' y 'exposición solar' en ese orden. La variable 'tipo de tronco' fue excluida de los análisis porque una única muestra correspondía a un árbol caído, siendo todas las demás troncos en pie. 'Distancia a la orilla' también presenta una variación demasiado reducida para ser incluida y 'orientación' posee demasiadas categorías diferentes para este tipo de análisis. También se prescinde de la variable 'diámetro del tronco' por estar positivamente relacionada con la variable 'peso' y por tanto ambas variables explicarían probablemente la misma parte de la variación en el modelo. El mismo razonamiento se aplica a la variable 'tamaño del hongo', que está igualmente relacionado con el peso de la muestra. Estas relaciones entre variables fueron estudiadas con STATGRAPHICS mediante correlaciones de Pearson aplicadas a las variables transformadas por la función logarítmica. Para la mayor parte de los grupos estudiados, no se reunieron muestras suficientes de la primera categoría de 'etapa sucesional' y por ello esta variable fue igualmente excluida en estas regresiones.

- Un acercamiento a la variable 'etapa sucesional':

Con el fin de obtener una imagen amplia del efecto causado por el estado de descomposición de los cuerpos de fructificación sobre los insectos que en ellos habitan, se ha representado el número de especies en cada etapa sucesional en **curvas de rarefacción de especies** basadas en las muestras. Una vez más, sólo fueron considerados los insectos directamente relacionados con el sistema de estudio. Las curvas de acumulación de especies fueron elaboradas con el software Estimate S con intervalos de confianza del 95% (curvas de rarefacción de especies siguiendo la terminología de Gotelli & Colwell 2000).

Por otro lado, se ejecutó un modelo incluyendo esta variable para seis taxones que reunían suficientes datos para este propósito. Las **regresiones múltiples** sólo incluyen en este caso las variables 'peso' (por la necesidad de tener en cuenta la heterogeneidad de las muestras en cuanto al tamaño de las mismas) y 'etapa sucesional'.

## Resultados

### Datos generales para toda la comunidad

Durante esta investigación se han criado y recolectado un total de 6.427 individuos, los cuales representan 75 taxones diferentes (Tabla 3). Del total, 3.834 individuos englobados en 37 taxones, están directamente relacionados con el hongo objeto de estudio (fungívoros, saprófitos, parásitos o hiperparásitos).

Contamos entre nuestros datos con especies pertenecientes a 21 familias de coleópteros diferentes. Se han encontrado al menos 40 especies de coleópteros, de las cuales 28 han sido identificadas a nivel de especie. Nueve de ellas son especies fungívoro y siete xilófagas saprófitas.

El resto del material recogido se ve completado por 7 especies de lepidópteros (4 de ellas fungívoros de la familia tineidae), 9 taxones de dípteros pertenecientes al menos a seis familias diferentes, 13 taxones de himenópteros de 7 familias distintas como mínimo, algunos hemípteros, tisanópteros, dos especies de neurópteros, psocópteros, pseudoescorpiones y larvas sin identificar (Tabla 2).

**Tabla 2.** Individuos clasificados por órdenes/grupos y su representación en el conjunto de la comunidad

Órder/grupo	Individuos	%total
Coleoptera	2316	36,0
Diptera	2348	36,5
Larvae (sin identificar)	748	11,6
Hymenoptera	528	8,2
Thysanoptera	110	1,7
Lepidoptera	223	3,5
Neuroptera	50	0,8
Pseudoescorpiones	58	0,9
Hemiptera	31	0,5
Psocoptera	15	0,2
<b>Total</b>	<b>6427</b>	<b>100</b>

Únicamente el coleóptero *Dorcatoma substriata* está actualmente incluido en la Lista Roja Sueca (fig.5.3). Está dentro de la categoría 'NT', que en inglés responde a la abreviatura de "near threatened" y que se refiere a especies cerca de estar amenazadas en nuestro idioma. Además, tres especies más de coleópteros estuvieron protegidas bajo esta lista en versiones anteriores de la misma: *Abdera affinis* ('NT' en la lista de 1993) y *Abdera flexuosa* ('NT' en la lista del año 2000), así como *Tetratoma fungorum* ('NT' en el año 2000), coleóptero de la familia Tetratomidae.



**Tabla 3.** Número de individuos (entre parenthesis frecuencia) de todos los taxones recolectados.

NT = especies clasificadas como “near threatened” en la última Lista Roja Sueca

(NT) = especies clasificadas como “near threatened” en versiones anteriores de la Lista Roja Sueca

Taxones	Orden	Familia	Grupo	Categoría	
				Lista Roja	Individuos (Frecuencia)
<i>Abdera affinis</i>	Coleoptera	Melandryidae	Fungívoro	(NT)	573(29)
<i>Abdera flexuosa</i>	Coleoptera	Melandryidae	Fungívoro	(NT)	407(37)
<i>Cis bidentatus</i>	Coleoptera	Ciidae	Fungívoro		26(8)
<i>Dorcatoma dresdensis</i>	Coleoptera	Anobiidae	Fungívoro		267(26)
<i>Dorcatoma substriata</i>	Coleoptera	Anobiidae	Fungívoro	NT	64(17)
<i>Enicmus fungicola</i>	Coleoptera	Latridiidae	Fungívoro		1(1)
<i>Ennearthron cornutum</i>	Coleoptera	Ciidae	Fungívoro		631(54)
<i>Orthocis alni</i>	Coleoptera	Ciidae	Fungívoro		1(1)
<i>Tetratoma fungorum</i>	Coleoptera	Tetratomidae	Fungívoro	(NT)	2(2)
<i>Anaspis thoracica</i>	Coleoptera	Scraptiidae	Saprófito		22(17)
<i>Cerylon histeroides</i>	Coleoptera	Cerylonidae	Saprófito		4(3)
<i>Dasytes caeruleus</i>	Coleoptera	Melyridae	Saprófito		7(6)
<i>Dasytes plumbeus</i>	Coleoptera	Melyridae	Saprófito		1(1)
<i>Denticolis linearis</i>	Coleoptera	Elitaridae	Saprófito		1(1)
<i>Trichaceble floralis</i>	Coleoptera	Melyridae	Saprófito		1(1)
<i>Triplax</i>	Coleoptera	Erotylidae	Saprófito		1(1)
<i>Agonum thoreyi</i>	Coleoptera	Carabidae	Otros		3(1)
<i>Anthicus antherinus</i>	Coleoptera	Anthiciidae	Otros		1(1)
<i>Badister</i>	Coleoptera	Carabidae	Otros		5(1)
<i>Brachytarsus nebulosus</i>	Coleoptera	Anthribidae	Otros		1(1)
<i>Carabidae</i>	Coleoptera	Carabidae	Otros		19(5)
<i>Cercyon</i>	Coleoptera	Hydrophilidae	Otros		1(2)
<i>Chrysomelidae</i>	Coleoptera	Chrysomelidae	Otros		10(10)
<i>Coccidula scutellata</i>	Coleoptera	Coccinellidae	Otros		21(16)
<i>Coccinellidae</i>	Coleoptera	Coccinellidae	Otros		3(3)
<i>Corticaria impressa</i>	Coleoptera	Latridiidae	Otros		1(1)
<i>Curculionidae</i>	Coleoptera	Curculionidae	Otros		2(2)
<i>Cyphon padi</i>	Coleoptera	Scirtidae	Otros		1(1)
<i>Dromius queadrimaculatus</i>	Coleoptera	Carabidae	Otros		3(3)
<i>Dyschirius globosus</i>	Coleoptera	Carabidae	Otros		3(3)
<i>Galerucella nymphaeae</i>	Coleoptera	Chrysomelidae	Otros		101(15)
<i>Hidraena</i>	Coleoptera	Hydrophilidae	Otros		5(3)
<i>Hydrophilidae</i>	Coleoptera	Hydrophilidae	Otros		47(11)
<i>Limnebius</i>	Coleoptera	Hydraenidae	Otros		1(1)
<i>Phyllotreta undulata</i>	Coleoptera	Chrysomelidae	Otros		4(4)
<i>Pterustichus minor</i>	Coleoptera	Carabidae	Otros		1(1)
<i>Silis nitidula</i>	Coleoptera	Cantharidae	Otros		1(1)
<i>Staphylinidae</i>	Coleoptera	Staphylinidae	Otros		73(18)
<i>Archinemapogon yildizae</i>	Lepidoptera	Tineidae	Fungívoro		109(21)
<i>Nemapogon cloacella</i>	Lepidoptera	Tineidae	Fungívoro		41(15)
<i>Nemapogon nigrallbellus</i>	Lepidoptera	Tineidae	Fungívoro		3(3)
<i>Nemapogon picarellus</i>	Lepidoptera	Tineidae	Fungívoro		66(15)
<i>Eupithecia icterata</i>	Lepidoptera	Geometridae	Otros		1(1)
<i>Ectoedemia</i>	Lepidoptera	Nepticulidae	Otros		1(1)
<i>Scoparia ambigualis</i>	Lepidoptera	Crambidae	Otros		2(2)
<i>Cecidiomyidae2</i>	Diptera	Cecidiomyidae	Fungívoro		64(9)
<i>Chloropidae1</i>	Diptera	Chloropidae	Desconocido		15(3)
<i>Tipulidae1</i>	Diptera	Tipulidae	Fungívoro		21(4)
<i>Tinydip</i>	Diptera				30(2)

<i>Tachinidae1</i>	Diptera	Tachinidae	Parásito	56(25)
<i>Mycetophilidae1</i>	Diptera	Mycetophilidae	Fungívoro	17(11)
<i>Sciaridae1</i>	Diptera	Sciaridae	Fungívoro	1638(21)
<i>Cecidiomyidae1</i>	Diptera	Cecidiomyidae	Fungívoro	498(51)
<i>Dipteras no determ.</i>	Diptera			9(5)
<i>HymRen</i>	Hymenoptera		Parásito	1(1)
<i>Tenthredinidae1</i>	Hymenoptera	Tenthredinidae	Otros	2(2)
<i>Tenthredinidae2</i>	Hymenoptera	Tenthredinidae	Otros	2(2)
<i>Ichneumonidae1</i>	Hymenoptera	Ichneumonidae	Parásito	14(6)
<i>Perilampidae1</i>	Hymenoptera	Perilampidae	Hiperparásito	57(16)
<i>Perilampidae2</i>	Hymenoptera	Perilampidae	Hiperparásito	12(9)
<i>Mymaridae1</i>	Hymenoptera	Mymaridae	Parásito	8(6)
<i>HymBlan</i>	Hymenoptera		Parásito	10(6)
<i>HymPats</i>	Hymenoptera		Parásito	8(4)
<i>PteromalidaeS</i>	Hymenoptera	Chalcidoidea (superfam)	Parásito	42(12)
		Pteromalidae		
<i>Chalcidoidea1</i>	Hymenoptera	Chalcidoidea (superfam)	Parásito	31(7)
<i>Hymenop1</i>	Hymenoptera	Ichneumonidae and Braconidae	Parásito	318(53)
<i>Hymenopterases no det.</i>	Hymenoptera			22(12)
<i>Thysanoptera</i>	Thysanoptera		Fungívoro	110(6)
<i>Hemiptera</i>	Hemiptera		Otros	18(10)
<i>Loricula elegantula</i>	Hemiptera	Microphysidae	Otros	13(9)
<i>Neuroptera black</i>	Neuroptera		Otros	46(14)
<i>Neuroptera brown</i>	Neuroptera		Otros	4(2)
<i>Psocoptera</i>	Psocoptera			15(7)
<i>Cosas</i>				19(4)
<i>Larvae</i>				748(39)
<i>Pseudoscorpion</i>			Saprófito	39 (16)
<b>Gran Total</b>				<b>6426(741)</b>

El taxón más abundante en nuestras muestras es un díptero fungívoro de la familia Sciaridae ([fig. 5.1](#)). Han sido recogidos 1.638 especímenes de 21 muestras diferentes. Las larvas son las segundas más numerosas, contando con 748 individuos recolectados de 39 muestras. El tercer y cuarto lugar son ocupados por dos especies de coleópteros fungícolas, *Ennearthron cornutum* y *Abdera affinis*, con 631 y 573 individuos respectivamente (recogidos de 54 y 29 muestras diferentes). El siguiente taxón más abundante es una especie de dípteros fungívoros perteneciente a la familia Cecidiomyidae, a la que se ha nombrado en este proyecto como *Cecidiomyidae1*. Reúne un total de 498 individuos repartidos en 51 muestras. Otra especie de coleóptero fungívoro, *Abdera flexuosa*, cuenta con 407 individuos procedentes de 37 muestras ([tabla 4](#)).

La especie más frecuente, la que ha sido criada en un mayor número de muestras, ha sido *Ennearthron cornutum*, recolectado a partir de 54 muestras diferentes ([tabla 5](#) y [fig. 5.2](#)). Se acerca a esta especie el taxón *Hymenop1*, con 53 ocurrencias, que incluye himenópteros parásitos de las familias Ichneumonidae y Braconidae. También es bastante frecuente *Cecidiomyidae1*, el cual aparece en 51 de las cajas de cría. Las larvas fueron recolectadas a partir de 39 de las muestras y los coleópteros de la familia Melandryidae, *Abdera flexuosa* y *Abdera affinis*, a partir de 37 y 29 cajas respectivamente ([tabla 5](#)).

**Tabla 4.** Taxones más abundantes:

Taxones más abundantes	Número de individuos
<i>Sciaridae</i> 1	1638
Larvae	748
<i>Ennearthron cornutum</i>	631
<i>Abdera affinis</i>	573
<i>Cecidiomyidae</i> 1	498
<i>Abdera flexuosa</i>	407
<i>Hymenop</i> 1	318
<i>Dorcatoma dresdensis</i>	267
<i>Thysanoptera</i>	110
<i>Archinemapogon yildizae</i>	109
<i>Galerucella nymphaeae</i>	101
<i>Staphylinidae</i>	73
<i>Nemapogon picarellus</i>	66
<i>Dorcatoma substriata</i>	64

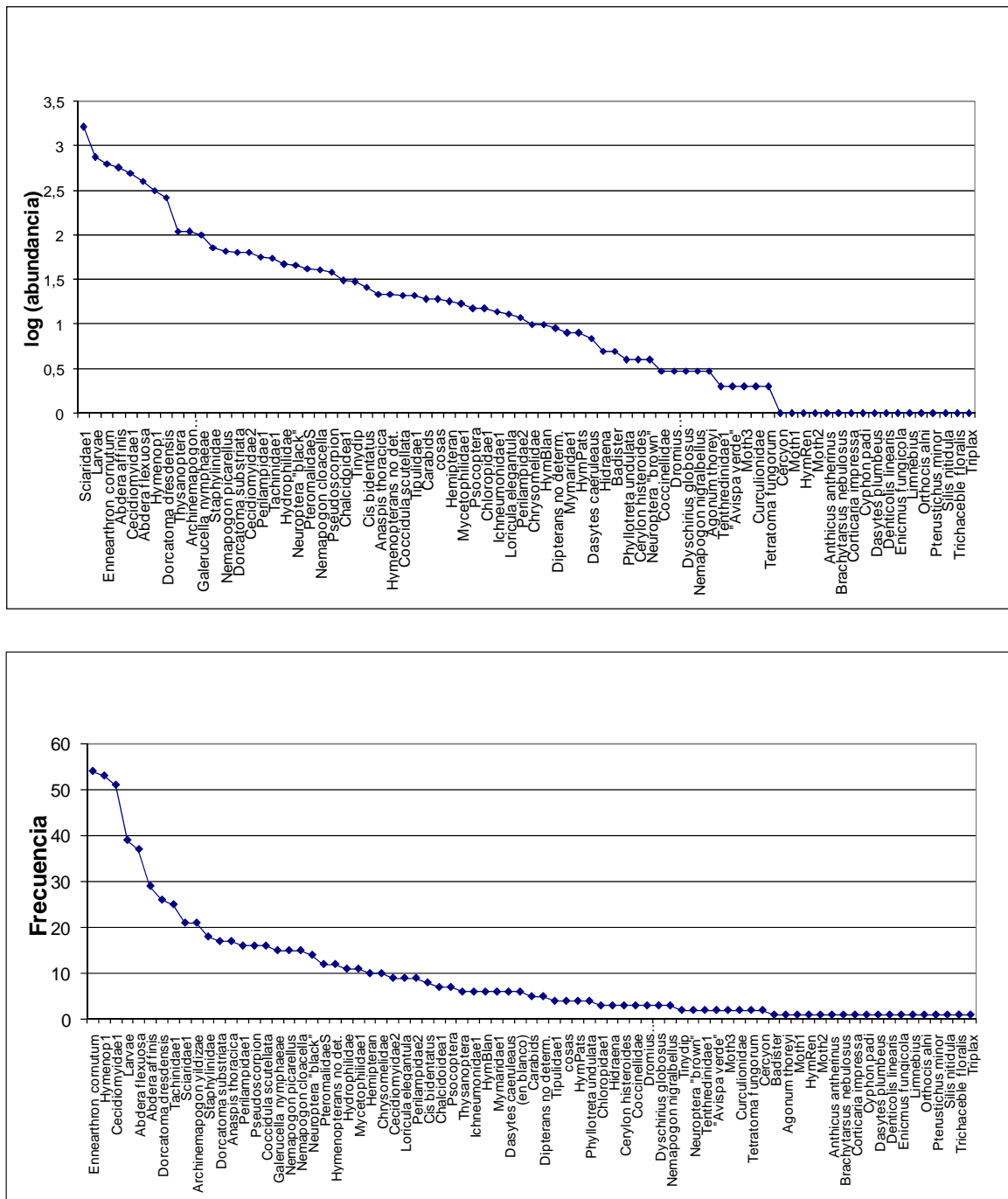
**Tabla 5.** Taxones más frecuentes por muestra:

Taxones más frecuentes	Frecuencia
<i>Ennearthron cornutum</i>	54
<i>Hymenop</i> 1	53
<i>Cecidiomyidae</i> 1	51
Larvae	39
<i>Abdera flexuosa</i>	37
<i>Abdera affinis</i>	29
<i>Dorcatoma dresdensis</i>	26
<i>Tachinidae</i> 1	25
<i>Sciaridae</i> 1	21
<i>Archinemapogon yildizae</i>	21
<i>Staphylinidae</i>	18
<i>Dorcatoma substriata</i>	17
<i>Anaspis thoracica</i>	17
<i>Perilampidae</i> 1	16

**Figura 5.**

1. Especimen de el taxón más abundante, denominado *Sciaridae*1
2. Epecímenes de el taxón más frecuente, *E. cornutum*
3. Especimen de la especie incluida en la Lista Roja Sueca, *D. substriata*

Presentamos curvas de distribución de abundancias y frecuencias en la [figura 6](#) para ofrecer una visión general de la composición de especies de la comunidad global de insectos. La cola de las gráficas, es decir, la línea horizontal que se dibuja con aquellas especies que sólo cuentan con un individuo/frecuencia (un total de 17), muestran aquellos taxones que probablemente fueran recolectados en nuestras muestras por mero azar.



**Figura 6.** Composición de especies: curvas de distribución de abundancias y frecuencias

### Datos generales para las comunidades del norte y del sur

De los 6.427 individuos recogidos durante el proyecto, 3.590 (aproximadamente un 56% del total) fueron encontrados en las muestras de las orillas sur y 2.837 (44% aprox.) en las del norte. En ambas orillas están presentes todos los órdenes que han sido identificados. En la [tabla 6](#) se muestran el número de individuos y el porcentaje que representa cada orden y grupo sobre el total.

**Tabla 6.** Individuos y porcentajes clasificados por órdenes/grupo para las orillas norte y sur:

Orden/grupo	Norte (individuos)	Sur (individuos)	%total Norte	%total Sur
Coleoptera	981	1335	34,6	37,2
Diptera	736	1612	25,9	44,9
Larvae (unidentified)	575	173	20,3	4,8
Hymenoptera	263	265	9,3	7,4
Thysanoptera	104	6	3,7	0,2
Lepidoptera	91	132	3,2	3,7
Neuroptera	35	15	1,2	0,4
Pseudoscorpions and mites	32	26	1,1	0,7
Hemiptera	10	21	0,4	0,6
Psocoptera	10	5	0,4	0,1
<b>Total</b>	<b>2837</b>	<b>3590</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

La especie protegida a día de hoy en la Lista Roja Sueca *Dorcatoma substriata* está presente en ambas orillas, reuniendo un total de 64 individuos de los cuales 34 proceden de 8 muestras de orilla norte y 30 de 9 de las muestras de orilla sur. *Abdera affinis*, *Abdera flexuosa* y *Tetratoma fungorum*, las tres especies que estuvieron protegidas en Listas Rojas anteriores, también aparecen representadas en ambas orillas.

Los taxones más abundantes en las muestras de orilla norte son en este orden: *larvae*, *Sciaridae1*, *Abdera affinis*, *Cecidiomyidae1* y *Ennearthron cornutum*. Sin embargo, en las de orilla sur son: *Sciaridae1*, *Ennearthron cornutum*, *Abdera flexuosa*, *Abdera affinis* y *Cecidiomyidae1* ([Tabla 7](#)).

**Tabla 7.** Taxones más abundantes en orden decreciente para las muestras de las orillas norte y sur

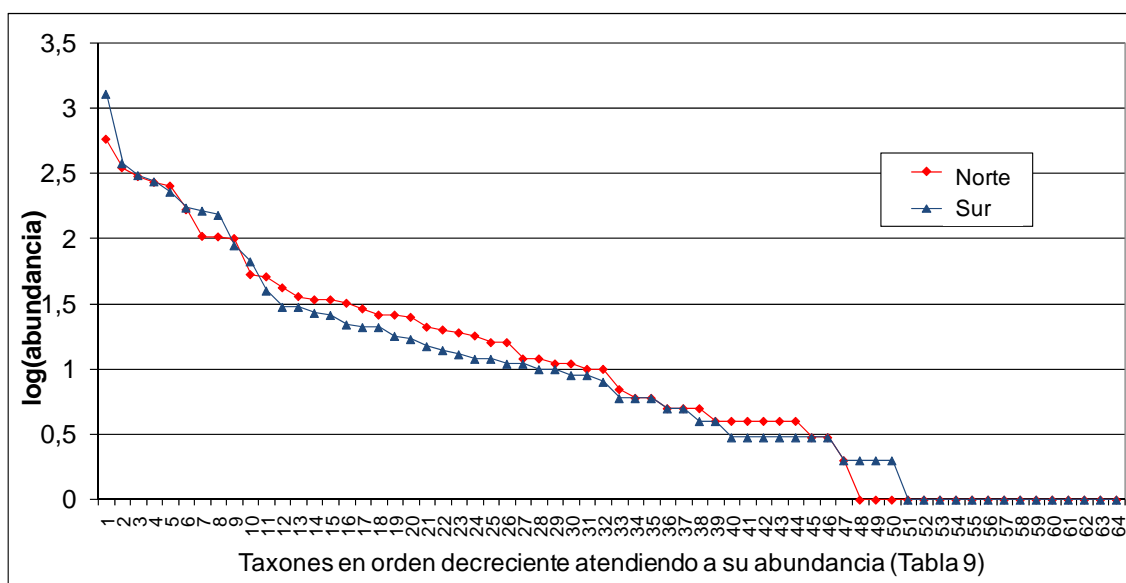
Taxones más abundantes			
Norte	Número de individuos	Sur	Número de individuos
<i>Larvae</i>	575	<i>Sciaridae1</i>	1290
<i>Sciaridae1</i>	348	<i>Ennearthron cornutum</i>	379
<i>Abdera affinis</i>	298	<i>Abdera flexuosa</i>	307
<i>Cecidiomyidae1</i>	269	<i>Abdera affinis</i>	275
<i>Ennearthron cornutum</i>	252	<i>Cecidiomyidae1</i>	229
<i>Hymenop1</i>	166	<i>Larvae</i>	173
<i>Thysanoptera</i>	104	<i>Dorcatoma dresdensis</i>	164
<i>Dorcatoma dresdensis</i>	103	<i>Hymenop1</i>	152
<i>Abdera flexuosa</i>	100	<i>Galerucella nymphaeae</i>	89
<i>Cecidiomyidae2</i>	53	<i>Archinemapogon yildizae</i>	67
<i>Staphylinidae</i>	51	<i>Nemapogon picarellus</i>	40
<i>Archinemapogon yildizae</i>	42	<i>Dorcatoma substriata</i>	30
<i>Perilampidae1</i>	36	<i>Chalcidoidea1</i>	30
<i>Dorcatoma substriata</i>	34	<i>Tachinidae1</i>	27

En cuanto a riqueza de especies, de los 75 taxones definidos, 51 de ellos están presentes en ambas orillas. En la orilla norte se identificaron un total de 62 taxones, y fueron 63 en la orilla sur. De este modo, un total de 11 taxones aparecen únicamente en el sur, mientras que el mismo número de taxones aparecen sólo en el norte. Los taxones más frecuentes en cada una de las orillas se presentan en la [tabla 8](#).

**Tabla 8.** Taxones más frecuentes en orden decreciente para las muestras de las orillas norte y sur

Taxones más frecuentes			
Norte	Frecuencia	Sur	Frecuencia
<i>Hymenop1</i>	29	<i>Cecidiomyidae1</i>	27
<i>Ennearthron cornutum</i>	28	<i>Ennearthron cornutum</i>	26
<i>Cecidiomyidae1</i>	24	<i>Larvae</i>	24
<i>Abdera flexuosa</i>	18	<i>Hymenop1</i>	24
<i>Larvae</i>	15	<i>Abdera flexuosa</i>	19
<i>Staphylinidae</i>	14	<i>Abdera affinis</i>	16
<i>Abdera affinis</i>	13	<i>Dorcatoma dresdensis</i>	13
<i>Dorcatoma dresdensis</i>	13	<i>Sciaridae1</i>	12
<i>Tachinidae1</i>	13	<i>Archinemapogon yildizae</i>	12
<i>Coccidula scutellata</i>	13	<i>Tachinidae1</i>	12
<i>Neuroptera "black"</i>	10	<i>Galerucella nymphaeae</i>	10
<i>Anaspis thoracica</i>	10	<i>Dorcatoma substriata</i>	9
<i>Sciaridae1</i>	9	<i>Nemapogon picarellus</i>	8
<i>Archinemapogon yildizae</i>	9	<i>Perilampidae1</i>	8

En el gráfico de la [figura 7](#) se representan dos curvas de dominancia-diversidad correspondientes a las comunidades de insectos asociadas a cada orilla. La correspondencia de cada punto dibujado en las curvas con el nombre del taxón que representa en cada orilla, queda reflejada en la [tabla 9](#).



**Figura 7.** Curvas de dominancia-diversidad para comparar las comunidades de insectos desarrolladas en la orilla norte y sur de los lagos

**Tabla 9.** Correspondencia de los taxones representados en la figura 7 para las orillas norte y sur

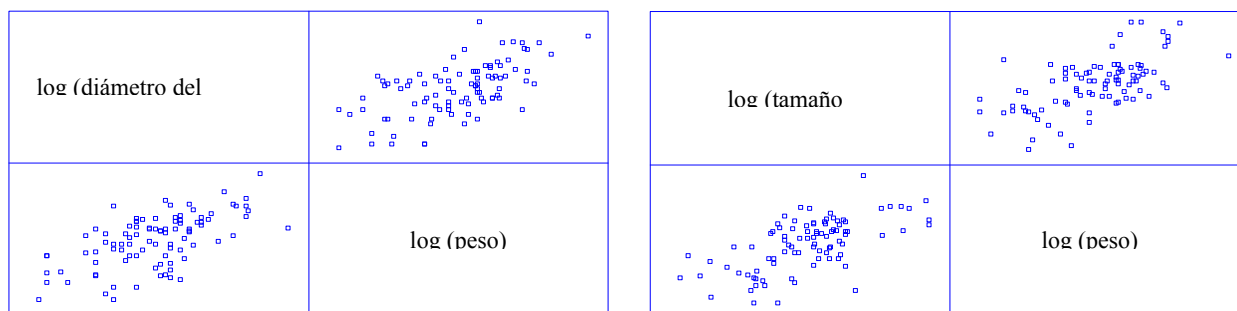
x	Categories South	Categories North	x	Categories South	Categories North
1	Sciaridae1	Larvae	34	Dipterans no determ.	HymBlan
2	Ennearthron cornutum	Sciaridae1	35	Thysanoptera	Ichneumonidae1
3	Abdera flexuosa	Abdera affinis	36	Psocoptera	Mymaridae1
4	Abdera affinis	Cecidiomyidae1	37	Tinydip	Badister
5	Cecidiomyidae1	Ennearthron cornutum	38	HymBlan	Tipulidae1
6	Larvae	Hymenop1	39	HymPats	Mycetophilidae1
7	Dorcatoma dresdensis	Thysanoptera	40	Chrysomelidae	Loricula elegantula
8	Hymenop1	Dorcatoma dresdensis	41	Coccidula scutellata	HymPats
9	Galerucella nymphaeae	Abdera flexuosa	42	Dromius queadrimaculatus	Hidraena
10	Archinemapogon yildizae	Cecidiomyidae2	43	Nemapogon nigrallbellus	Cerylon histeroides
11	Nemapogon picarellus	Staphylinidae	44	Mymaridae1	Dipterans no determ.
12	Dorcatoma substriata	Archinemapogon yildizae	45	Agonum thoreyi	Dyschirius globosus
13	Chalcidoidea1	Perilampidae1	46	Neuroptera "brown"	Phyllotreta undulata
14	Tachinidae1	Dorcatoma substriata	47	Tenthredinidae1	Chalcidoidea1
15	PteromalidaeS	Neuroptera "black"	48	Perilampidae2	Chloropidae1
16	Staphylinidae	Hydrophilidae	49	Coccinellidae	Dasytes caeruleus
17	Perilampidae1	Tachinidae1	50	Phyllotreta undulata	Neuroptera "brown"
18	Nemapogon cloacella	Nemapogon picarellus	51	Cercyon	Coccinellidae
19	Pseudoscorpion	Tinydip	52	Tenthredinidae2	Tenthredinidae2
20	Tipulidae1	Pseudoscorpion	53	Scoparia ambigualis	Scoparia ambigualis
21	Hydrophilidae	Nemapogon cloacella	54	Corticaria impressa	Curculionidae
22	Chloropidae1	Carabids	55	Curculionidae	Tetratoma fungorum
23	Mycetophilidae1	Coccidula scutellata	56	Cyphon padi	Eupithecia icterata
24	Hemipteran	PteromalidaeS	57	Dasytes plumbeus	HymRen
25	Neuroptera "black"	Cis bidentatus	58	Denticolis linearis	Ectoedemia
26	Hymenopterans no det.	Galerucella nymphaeae	59	Hidraena	Anthicus antherinus
27	Cecidiomyidae2	Anaspis thoracica	60	Pterustichus minor	Brachytarsus nebulosus
28	Anaspis thoracica	Hymenopterans no det.	61	Silis nitidula	Enicmus fungicola
29	Cis bidentatus	Cosas	62	Tetratoma fungorum	Limnebius
30	Ichneumonidae1	Psocoptera	63	Trichaceble floralis	Orthocis alni
31	Loricula elegantula	Perilampidae2	64	Triplax	
32	Cosas	Chrysomelidae			
33	Dasytes caeruleus	Hemipteran			

### Asociaciones de variables para taxones individuales

Las regresiones múltiples de Poisson revelan la influencia de las diferentes variables medioambientales sobre los 18 taxones seleccionados. Se trata de seis especies de coleópteros, tres de lepidópteros, cuatro grupos de dípteros, tres de himenópteros, los pseudoscorpiones y las larvas ([Table 10](#)).

Para la selección de variables incluidas en el modelo, estudiamos las correlaciones entre diferentes variables utilizando el test de correlación de Pearson. Encontramos correlaciones positivas entre las variables 'diámetro del tronco' y 'peso' y entre 'tamaño del hongo' y 'peso'. La primeras dos variables mencionadas, presentan un coeficiente de correlación de 0,608 y las otra dos de 0,617. El p-valor obtenido para ambos casos es 0,000, luego las correlaciones son altamente significativas a un nivel de 0,01. Atendiendo a estos resultados, se consideró apropiado incluir en el modelo exclusivamente la variable 'peso' y poder obtener futuras conclusiones para las tres variables basadas en estas significativas correlaciones ([fig.8](#)).





**Figura 8.** Significant positive correlations between 'stem diameter' and 'weight', and 'size of the fungi' and 'weight'

De las cuatro variables finalmente incluidas en el modelo ('peso', 'lago', 'orilla' y 'exposición solar'), la variable '**peso**' explica significativamente parte de la variación para diez de los taxones estudiados. Así, es significativa para una especie de coleópteros (*Abdera affinis*), tres de lepidópteros (*Archinemapogon yildizae*, *Nemapogon cloacella* y *Nemapogon picarellus*), dos taxones de himenópteros (*Perilampidae1* y *Hymenop1*), tres dípteros (*Sciaridae1*, *Cecidiomyidae1* y *Tachinidae1*) y para las larvas.

La variable '**lago**' también es significativa para diez de los taxones: los coleópteros *Abdera flexuosa* y *Dorcatoma substriata*, los lepidópteros *Archinemapogon yildizae* y *Nemapogon cloacella*, los taxones de dípteros *Mycetophilidae1*, *Sciaridae1* y *Cecidiomyidae1*, los himenópteros *PteromalidaeS* y *Hymenop1*, las larvas y los pseudoscorpiones.

La siguiente variable, '**orilla**', resultó ser significativa solo para cuatro de los taxones incluidos en el modelo: los coleópteros *Abdera flexuosa*, los dípteros *Mycetophilidae1* y *Sciaridae1* y las larvas.

La última variable considerada es 'exposición solar' y es significativa para seis taxones: tres coleópteros (*Abdera flexuosa*, *Dorcatoma dresdensis* y *Ennearthon cornutum*), el lepidóptero *Archinemapogon yildizae*, el díptero *Mycetophilidae1* y el himenóptero *PteromalidaeS* (Tabla 10).

**Table 10.** Summary table with the results from the multivariate Poisson regressions:

Taxones/Variables	Individuos (Frecuencia)	Peso	Lago	Orilla	Exposición solar
<i>Abdera affinis</i>	573 (29)	S (+)	N	N	N
<i>Abdera flexuosa</i>	407 (37)	N	S	S (N-)	S (1-)
<i>Dorcatoma dresdensis</i>	267 (26)	N	N	N	S (1-)
<i>Dorcatoma substriata</i>	64 (17)	N	S	N	N
<i>Ennearthon cornutum</i>	631 (54)	N	N	N	S (1-)
<i>Anaspis thoracica</i>	22 (17)	N	N	N	N
<i>Archinemapogon yildizae</i>	109 (21)	S (+)	S	N	S (2-)
<i>Nemapogon cloacella</i>	41 (15)	S (+)	N	N	N
<i>Nemapogon picarellus</i>	66 (15)	S (+)	N	N	N
<i>Tachinidae1</i>	56 (25)	S (+)	N	N	N
<i>Mycetophilidae1</i>	17 (11)	N	S	S (N-)	S (1+)
<i>Sciaridae1</i>	1638 (21)	S (+)	S	S (N-)	N
<i>Cecidiomyidae1</i>	498 (51)	S (+)	S	N	N
<i>Perilampidae1</i>	57 (16)	S (+)	N	N	N



<i>Pteromalidae</i> S	42 (12)	N	S	N	S (1-)
<i>Hymenop1</i>	318 (53)	S (+)	S	N	N
<i>Larvae</i>	748 (39)	S (+)	S	S (N+)	N
<i>Pseudoscorpion</i>	39 (16)	N	S	N	N

Donde,

S (=sí): cuando la variable es estadísticamente significativa

N (= no): cuando la variable no es estadísticamente significativa

(+): variable positivamente relacionada con la abundancia de la especie

(N-): la especie es menos abundante en la orilla norte

(N+): la especie es más abundante en la orilla norte

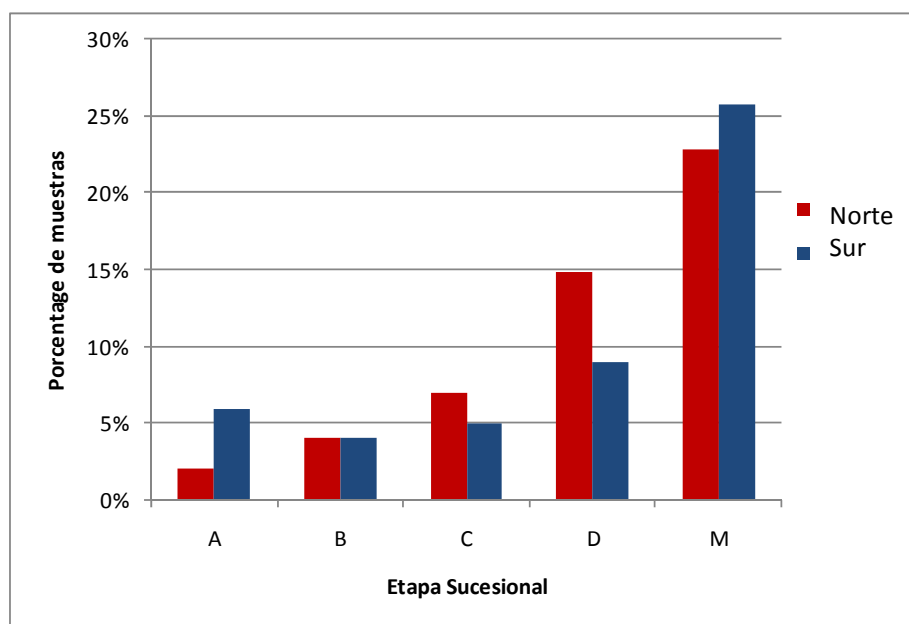
(1-): la abundancia de especies aumenta en zonas de menor exposición solar

(1+): la abundancia de especies aumenta en zonas de mayor exposición solar

(2-): el nivel 2 de exposición solar es en el que la abundancia para esa especie es menor

### *La variable 'etapa sucesional' en mayor detalle*

Prácticamente el 50% de las muestras recogidas fueron clasificadas en la categoría "M" de la variable 'etapa sucesional'. Cerca del 25% contenían cuerpos de fructificación en la etapa sucesional D y un 12% en la etapa C. Mucha más escasas fueron las muestras encontradas con cuerpos de fructificación más jóvenes y frescos, ya que sólo un 8% fueron clasificadas como etapa sucesional A y otro 8% como etapa B. En la [figura 9](#) vemos las proporciones de las muestras recogidas en las orillas norte y sur de los lagos clasificadas atendiendo al estado sucesional de los cuerpos de fructificación de cada muestra.



**Figura 9.** Muestras clasificadas para cada orilla según la etapa sucesional en la que se encuentran los cuerpos de fructificación que la componen

Las curvas de rarefacción obtenidas para todos los especímenes criados que están directamente relacionados con el hongo, representan las curvas de acumulación de especies esperadas para cada etapa sucesional ([figura 10](#)). De este modo, cada curva nos muestra el número de especies que se estima encontrar cuando hemos recogido cierto número de muestras de una determinada etapa sucesional. Así, podemos interpretar que para un número igual de muestras de cada etapa sucesional, esperaríamos encontrar más taxones en las de etapa C, seguidas por las de etapa D y luego etapa M, B y A en este orden. Para intervalos de confianza del 95%, estas diferencias son estadísticamente

significativas únicamente para las muestras pertenecientes a las etapas sucesionales C, D y M frente a las muestras de las etapas A y B.

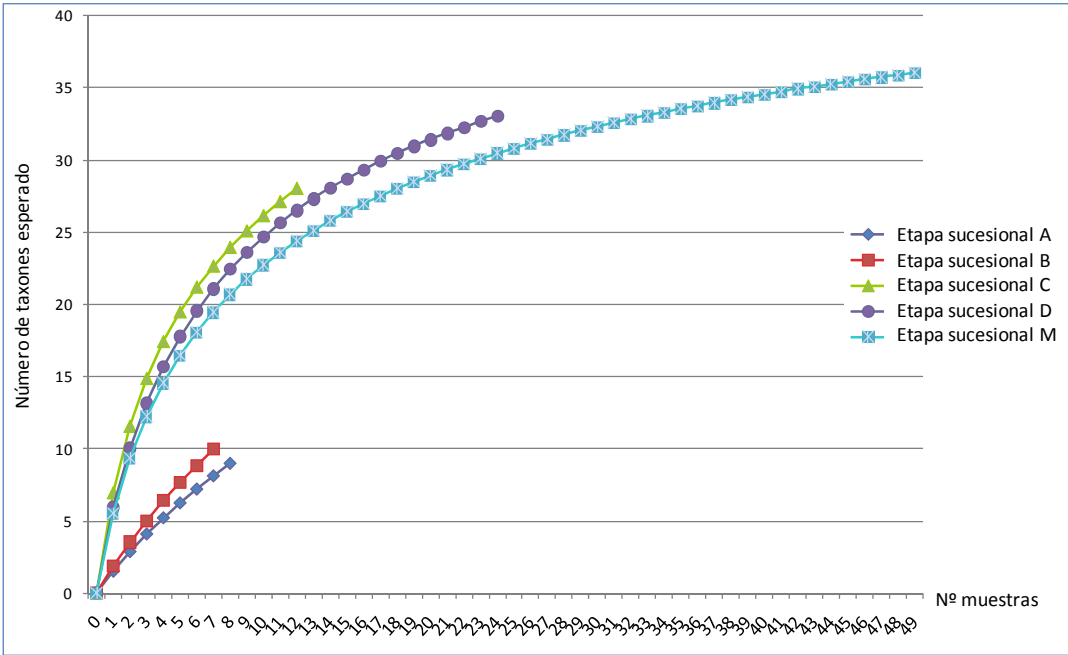


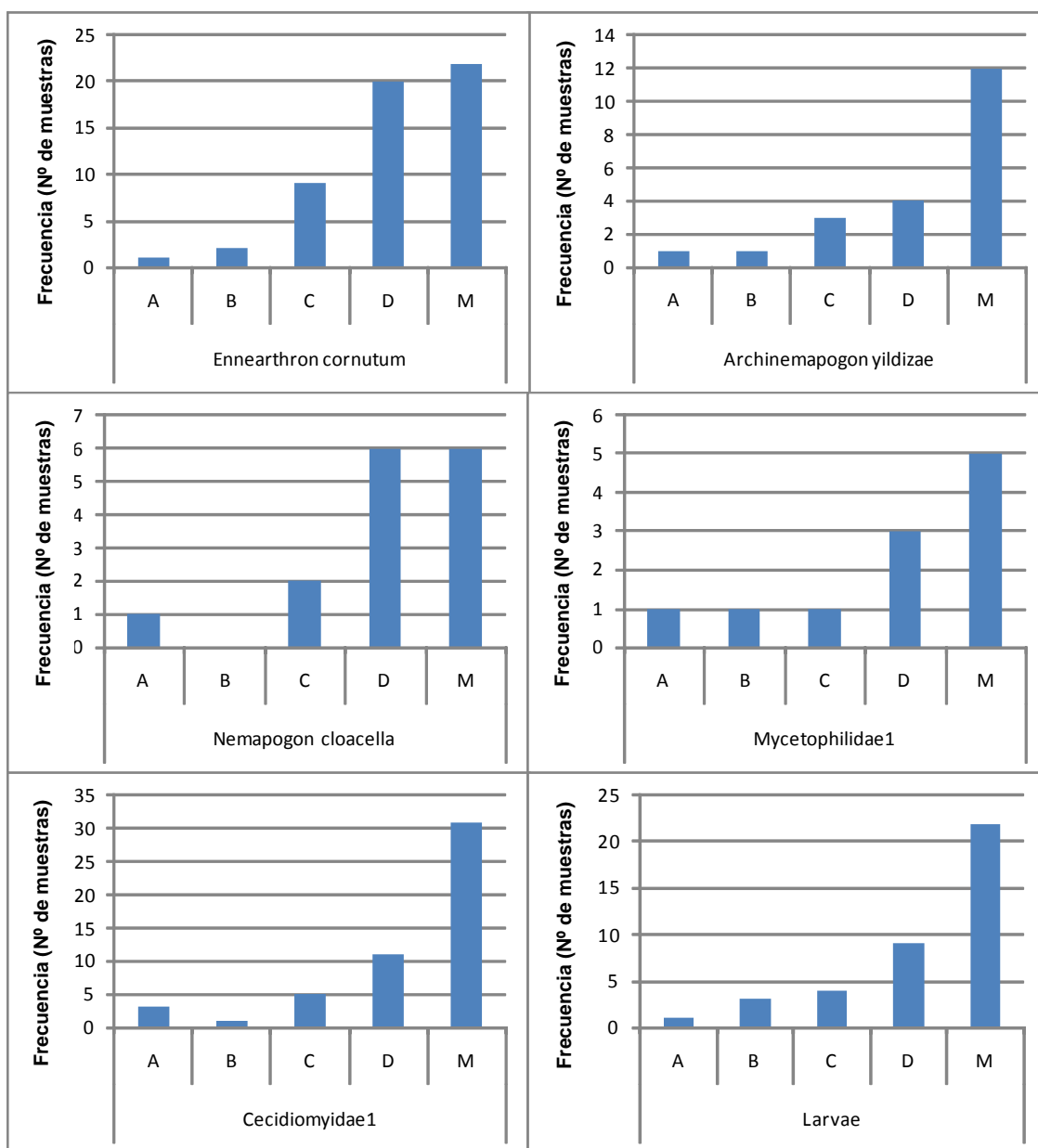
Figura 10.- Curvas de rarefacción para las distintas etapas sucesionales

Además, se ejecutó el modelo en SAS para seis taxones incluyendo las variables 'peso' y 'etapa sucesional'. Los resultados se presentan en la [tabla 11](#) y en las gráficas de la [figura 11](#) aparecen las frecuencias de los taxones analizados, clasificados por etapa sucesional de los cuerpos de fructificación.

Tabla 11. Influencia de la variable 'etapa sucesional' sobre seis taxones:

Taxones/Variables	Peso	Etapa Sucesional
<i>Ennearthron cornutum</i>	N	S
<i>Archinemapogon yildizae</i>	S	S
<i>Nemapogon cloacella</i>	S	S
<i>Mycetophilidae 1</i>	N	N
<i>Cecidiomyidae 1</i>	S	N
<i>Larvae</i>	S	S

Donde, S (=sí): la variable es significativa N (=no): la variable no es significativa



**Figura 11.-** Frecuencia de los seis taxones según 'etapa sucesional'

### *Especies en la Lista Roja y sus distribuciones*

De acuerdo con el criterio-B aplicado en la clasificación de las especies en la Lista Roja, asumimos que las especies incluidas en ella deben tener distribuciones restringidas en comparación con las que presentan las especies no protegidas. Por esta razón, presentamos una tabla con las frecuencias para cada lago, de los diez taxones afectados significativamente por esta variable según las regresiones múltiples realizadas ([tabla 12](#)).

**Tabla 12.-** Frecuencia por lago de los taxones para los que esta variable es significativa:

<b>Especie</b>	<b>Aspdalssjön</b>	<b>Ekoln</b>	<b>Erken</b>	<b>Tämnaren</b>	<b>Valloxen</b>	<b>Total</b>
<i>Larvae</i>	3	12	5	6	13	39
<i>Sciaridae1</i>	1	4	5	4	7	21
<i>Cecidiomyidae1</i>	4	11	13	10	13	51
<i>Hymenop1</i>	7	9	15	10	12	53
<i>Abdera flexuosa</i>	7	7	6	5	12	37
<i>Archinemapogon yildizae</i>	2	2	8	4	5	21
<i>Dorcatoma substriata</i>	0	7	4	1	5	17
<i>Pseudoscorpion</i>	2	4	2	3	5	16
<i>PteromalidaeS</i>	1	2	1	3	5	12
<i>Mycetophilidae1</i>	1	4	2	2	2	11

## Discusión

### *Conclusiones generales sobre los datos recogidos*

Cumpliendo con el primer objetivo del proyecto, se han reunido nuevos datos de gran valor en relación a *Inonotus radiatus* y la comunidad de insectos asociada con el mismo. Algunos estudios anteriores presentan datos sobre este hongo e insectos, pero nunca antes se había abarcado la comunidad entera, sino que sus investigaciones se centraban únicamente en algunos órdenes concretos. Por ejemplo, coleópteros y lepidópteros (Jonsell & Nordlander, 2004) o sólo dípteros (Ševčík, J., 2004). Comparando nuestros datos con los presentados por Jonsell and Nordlander en relación a los coleópteros fungívoros, la especie *Tetratoma fungorum* ha sido criada en nuestras muestras y sin embargo no estaba presente en su investigación. Por otro lado, ellos nombran a las especies *Cis alter*, *Cis jacquemartii*, *Cis glabratus* y *Bolitophagus reticulatus*, las cuales no se encontraron entre nuestras muestras. En cuanto a las especies de lepidópteros, se han recogido en este trabajo cuatro especies más que no aparecen en su estudio: *Nemapogon nigrallbellus*, *Achillea millefolium*, *Scoparia ambigua* y *Ectoedemia*. Ševčík presenta cuatro especies de dípteros: dos de la familia Mycetophilidae (*Sciophila hirta* y *Dynatosoma fuscicorne*), un Ditomyiidae (*Ditomyia fasciata*) y un Cecidiomyiidae (*Lestodiplosis polypori*). En el presente estudio se ha completado la identificación de los dípteros sólo a nivel de familia, pero se presentan al menos dos especies de Cecidiomyiidae, una de Mycetophilidae y especies pertenecientes a las familias Chloropidae, Tipulidae, Tachinidae y Sciaridae. Esta última familia tiene especial importancia en nuestra comunidad de insectos y sin embargo no se incluye en el estudio de Ševčík.

La comunidad de insectos presentada en este estudio cubre varios niveles de la cadena trófica y es, según lo esperado, de gran diversidad e interés para llevar a cabo estudios científicos. En esta comunidad tan completa se cumple la idea expresada por varios autores (Bütler Sauvain, 2003; Komonen, 2003; Larsson, 2001; Harmon et al., 1986; Jonsell et al., 2001; Grove, 2002; WWF report, Oct 2004), los cuales consideran que la madera muerta es un factor clave en los ecosistemas forestales para mantener la biodiversidad y proteger a las especies amenazadas.

Interpretando las curvas de dominancia-diversidad (Whittaker, 1972) para la comunidad global ([fig.7](#)), se puede ver que es muy rica en especies, compuesta por un gran número de taxones, especialmente teniendo en cuenta que no todos estos taxones se han determinado a nivel de especie. La curva muestra un gradiente pronunciado, lo cual indica baja uniformidad. Además muestra que las especies más frecuentes son mucho más abundantes que las poco frecuentes. Estos taxones dominantes corresponden a los coleópteros fungívoros, dípteros e himenópteros, aunque las larvas sin identificar son también muy numerosas. Al mismo tiempo, la curva de dominancia-diversidad presenta una pendiente pronunciada al inicio, lo que significa que sólo unos pocos taxones tienen gran influencia sobre nuestras muestras, mientras que más del 36% de los taxones están presentes únicamente en diez o menos muestras de las cien estudiadas.

Comparando los gráficos de dominancia-diversidad obtenidos para las comunidades del norte y del sur ([fig. 6](#)), se observa que la cola de la curva del norte es algo más prolongada que la correspondiente a la curva del sur. Es decir, interpretamos que en el norte la cantidad de taxones que están presentes en las muestras por mero azar

es algo mayor. Aparte de las colas, la forma de ambos diagramas es bastante similar, con una pendiente relativamente pronunciada al inicio de la curva, lo cual indica, como en la comunidad global, que hay poca uniformidad. Sin embargo, la secuencia de las especies es muy diferente, lo que hace que la composición de cada comunidad sea singular. Por ejemplo, en la comunidad del sur, *Ennearthron cornutum* es el segundo taxón más abundante mientras que en la comunidad del norte está en quinto lugar. En el norte, las larvas son más abundantes, mientras que en el sur ocupan el sexto lugar. Por tanto, las comunidades desarrolladas en las orillas norte y sur tienen al menos una composición diferente.

### *Asociación de variables para taxones individuales*

Los taxones estudiados muestran diferentes respuestas. Ninguno de ellos se ve influenciado por las cuatro variables consideradas en el estudio, sólo un taxón (*Anaspis thoracica*) no es influenciado por ninguna de las variables, y el resto se ve afectado por dos, tres o cuatro variables al mismo tiempo. Además del número de variables significativas para cada taxón, el taxón afectado también presenta diversas respuestas frente a cada variable de influencia. Este hecho puede dificultar la decisión a la hora de definir la correcta protección, conservación y las prácticas de explotación en un determinado bosque de ribera. Sin embargo, cuanta más información reunamos sobre las preferencias en cuanto al sustrato y a los requerimientos de cada taxón individual, mejor podrá ser la gestión que llevemos a cabo en nuestros bosques.

En primer lugar, los resultados muestran que la mayor influencia sobre los taxones es producida por el 'peso' de las muestras. Se esperaba que esta variable tuviera una influencia importante sobre las poblaciones, por tanto se puede considerar que la inclusión de dicha variable en el modelo ha sido fundamental, puesto que necesitábamos tener en cuenta la heterogeneidad de las muestras en cuanto a su tamaño. Los diez taxones significativamente relacionados con la variable 'peso' son más abundantes cuanto mayor es el peso de la muestra. Esto es probablemente análogo a la relación positiva encontrada entre la cantidad de madera muerta y la abundancia de especies de coleópteros saprófitos, mencionada por autores como Økland (1995), Thunes et al (2000) o Grove (2002).

De la misma forma, el 'diámetro del tronco' y el 'tamaño de hongo' probablemente expliquen parte de la variación en los taxones afectados, puesto que se ha demostrado que existe una correlación positiva entre estas variables y la variable 'peso'. En general, se conoce poco sobre la relación entre el 'diámetro del tronco' y los insectos fungívoros presentes en los cuerpos de fructificación que crecen sobre ellos. Sin embargo, este razonamiento puede apoyarse en la opinión de algunos autores que han encontrado una relación positiva entre los insectos saprófitos y el diámetro del tronco de los árboles huéspedes (Josell, 1998; Ranius y Jansson, 2000), puesto que la relación positiva entre hongos que viven en la madera y diámetro del árbol está ya demostrada (Økland et al., 1995). Además, la relación positiva entre el tamaño del hongo y la abundancia y riqueza de las especies de insectos relacionados con él, ha sido demostrada por autores como Økland et al. (1995), Komonen & Kouki (2005) o Midtgaard et al (1998). Es interesante puntualizar que esta relación se ha encontrado en diez de los taxones estudiados, incluyendo las especies de lepidópteros y la mayoría de los dípteros e himenópteros, pero por el contrario no se ha encontrado esa tendencia para la mayoría de nuestros coleópteros fungívoros. De acuerdo con los resultados, sólo

*Abdera affinis* se ve afectado por esta variable. Rukke (2002), en su estudio sobre coleópteros fungívoros que se alimentan de *Fomes fomentarius*, encuentra esta tendencia para *Dorcatoma dresdensis* (en contraste con nuestros resultados para dicha especie) y algún otro coleóptero fungívoro, aunque no la encuentra para *Ennearthron cornutum*, lo cual está de acuerdo con nuestros resultados.

Basado en sus resultados, Rukke (2002) recomienda dejar suficiente madera muerta en los bosques gestionados para asegurar la existencia de basidiocarpos de *Fomes fomentarius* para preservar la diversidad de fungívoros. Se podría aplicar también esta recomendación para preservar las especies de fungívoros asociadas con nuestro escenario particular. Es necesario mantener los alisos presentes en tantos bosques de ribera así como otras frondosas, puesto que juntas producirán suficiente madera muerta para asegurar la existencia de basidiocarpos de *Inonotus radiatus* de distinta calidad. Estas prácticas también podrán tener un impacto sobre los predadores, parásitos e hiperparásitos relacionados con el sistema, puesto que su desarrollo probablemente depende, al menos parcialmente, de la presencia de estas especies fungívoras.

La variable 'lago' resulta ser una de las más influyentes en el sistema, siendo significativa para 10 de los 18 taxones. Los cinco lagos estudiados están suficientemente cerca geográficamente como para considerar que sus características meteorológicas y ecológicas generales son factores comunes a todos ellos. Por tanto, las diferencias entre los hábitats disponibles en cada lago, no derivan meramente de su distinta localización geográfica, sino probablemente también de factores que afectan al medio en un nivel inferior. Para comprender mejor la influencia que tiene la variable 'lago' sobre las comunidades de insectos, se deberían estudiar también otras variables que caracterizan a los bosques de ribera presentes en cada uno de los lagos. De esta forma, algunas de las variables que podrían estudiarse en futuras investigaciones podrían ser: el tipo de bosque de ribera, su composición, las especies de árboles dominantes, la influencia humana, la historia del suelo, la calidad del agua, etc. Así se podría entender porqué un lago resulta ser más atractivo para ciertos insectos que otros lagos aparentemente similares.

En ninguno de los estudios clásicos sobre insectos se había considerado a la variable 'orilla' como determinante de un nivel de exposición solar diferente entre orillas opuestas. En este estudio observamos que la influencia de la orilla es importante sólo para cuatro de los taxones considerados, siendo dos de ellos grupos de dípteros. Junto con el coleóptero *Abdera flexuosa*, estos dípteros parecen tener preferencia por las orillas sur de los lagos, las cuales hemos considerado como más sombrías. El último taxón afectado por esta variable incluye todas las larvas sin identificar, las cuales son más abundantes en las orillas más expuestas al sol, es decir, en las orillas norte según lo considerado. Esto podría mostrar una diferencia entre el desarrollo en el tiempo de las comunidades de insectos asociadas a cada orilla.

A una escala espacial distinta, la variable 'exposición solar' también nos muestra la importancia de la luz recibida por cada taxón individualmente. Ésta es significativa para seis taxones, incluidas tres especies de coleópteros, una de lepidópteros y una de himenópteros. Los dos coleópteros, *Dorcatoma dresdensis* y *Ennearthron cornutum*, que se ven afectados en el modelo sólo por esta variable, parecen tener preferencia por los lugares más sombríos. El último coleóptero afectado, *Abdera flexuosa* se ve también

influenciado por las variables 'lago' y 'orilla'. Éste es más abundante en los lugares sombríos que en los más expuestos al sol, y según lo mencionado, son a la vez más abundantes en las orillas sur, consideradas como más sombrías. Parece por tanto, que está asociado con los lugares sombríos a todos los niveles. Por el contrario, los dípteros de la familia Mycetophilidae se ven favorecidos por los lugares con mayor exposición solar, aunque tienen preferencia por las orillas sombrías. La especie de lepidópteros *Archinemapogon yildizae*, es más abundante en los lugares sombríos y donde menos abunda es en los cuerpos de fructificación a media sombra, pero no se ve influenciada de forma significativa por la 'orilla'.

En particular, la especie *Ennearthron cornutum* parece estar afectada sólo por esta variable y prefiere claramente los cuerpos de fructificación de los lugares mediana o completamente sombríos. Algunos autores han obtenido conclusiones similares para estos mismos y para otros escarabajos de la familia Ciidae (Jonsell et al., 2001; Thunes et al., 2000) mientras que otros investigadores han encontrado especies de escarabajos con mayores frecuencias en los lugares más soleados (Midtgaard et al., 1998).

Aunque esto no ha sido analizado estadísticamente en este proyecto, cabe destacar que más del 50% de las muestras recogidas corresponden a una exposición solar del nivel 2. Esto puede estar mostrándonos los requerimientos del hongo en cuanto a luz, lo que lleva a la población de *Inonotus radiatus* a seguir unos ciertos patrones de distribución que pueden determinar indirectamente las preferencias de los insectos fungívoros.

### *La variable 'etapa sucesional'*

Parece razonable pensar que la etapa sucesional en la que se encuentra un determinado huésped, ha de ser una variable muy importante para los insectos a la hora de elegir el sustrato más adecuado para su desarrollo y supervivencia. Especies distintas presentan diferentes preferencias y habilidades para colonizar un sustrato concreto dependiendo del estado de descomposición en el que éste se encuentre. Esto ha sido demostrado en numerosas ocasiones para coleópteros saprófitos, tomando como variable de estudio el estado de descomposición de la madera que ellos habitan (Gibb et al., 2007; Jonsell et al., 1998; Lawrence, JF, 1973; Jacobs, 2004, etc.). Del mismo modo, se ha analizado la influencia de la etapa sucesional en la que se encuentran los cuerpos de fructificación de un hongo sobre la fauna asociada al mismo (Thunes, 1994; Jonsell and Nordlander, 2004; Jonsell et al., 2001; Graves, 1960; Klimaszewski & Peck, 1987, etc.).

En vista de que durante el muestreo se recogieron prácticamente la totalidad de las muestras localizadas a medida que avanzamos por las orillas de los lagos, la [figura 9](#) nos muestra que en el norte encontramos más cuerpos de fructificación en un estado de descomposición más avanzado, mientras que en el sur, hay más cuerpos de fructificación frescos. Esto no ha sido comprobado estadísticamente, pero podría corroborar nuestra hipótesis de considerar los microclimas de una orilla diferentes a los de su opuesta, ya que el desarrollo del hongo difiere de una a otra. Consideramos que este hecho podría estar afectando a la composición de las especies en cada comunidad y a su cronología.



Las curvas de rarefacción ([fig.10](#)) demuestran que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las muestras con cuerpos de fructificación de las etapas sucesionales C, D o M frente a las que contienen cuerpos de las etapas A o B. Por tanto, para un mismo número de muestras, podemos esperar que haya un mayor número de taxones habitando las muestras con cuerpos de fructificación más degradados y envejecidos que en las muestras con cuerpos más jóvenes y frescos. La curva obtenida para la etapa M se encuentra algo por debajo de las representadas para las etapas C y D, pero bastante por encima de las curvas para A y B. Esto tiene sentido si consideramos que esta etapa es una mezcla de cuerpos de fructificación en varias etapas de sucesión diferentes. Así, la curva para la etapa M será más próxima a la curva correspondiente a la etapa sucesional cuya proporción respecto al total de las muestras incluidas en la categoría M sea mayor.

Aunque la diferencia entre las etapas sucesionales C y D no son significativas según las curvas de rarefacción, podemos ver cómo la curva para la etapa C está algo por encima de la curva para la etapa D. En este caso, los insectos preferirían cuerpos de fructificación en un estado de descomposición avanzado, pero no aquéllos que estén ya demasiado degradados. Al mismo tiempo, la curva para la etapa B está por encima de la que le corresponde a la etapa A, y aún no siendo esta diferencia significativa a estos niveles de confianza, los cuerpos de fructificación más recientes e intocados parecen ser los que atraen a un menor número de insectos. Probablemente, estos cuerpos de fructificación aún no hayan sido colonizados por ninguna especie. De acuerdo con estos comentarios, nuestra opinión es que a medida que un cuerpo de fructificación se va descomponiendo, más especies pueden colonizarlo y habitar en él, hasta que se alcanza un determinado límite de decaimiento que una vez sobrepasado, hace que la cantidad de especies que seleccionan ese sustrato como huésped disminuya nuevamente.

Esta misma tendencia fue defendida por Graves en 1960 para varias especies de la familia Ciidae y resultados muy parecidos son presentado por Jonsell et al. (2001) para varias especies fungívoras. Entre estas especies encontramos *Dorcatoma dresdensis*, *Dorcatoma robusta* y *Cis lineatocribratus*. En este mismo estudio, otras especies también presentes en nuestras muestras, como *Ennearthron cornutum* y *Cis bidentatus*, presentan un patrón algo diferente, incrementando siempre su frecuencia con la etapa sucesional de los cuerpos de fructificación. Otras especies resultan ser menos frecuentes en la primera etapa sucesional, alcanzan un máximo en la segunda categoría y a partir de ahí, en la tercera y en la última etapa, su frecuencia va decreciendo de nuevo.

En el estudio llevado a cabo por Karl H. Thunes en 1994, los cuerpos de fructificación de dos especies diferentes de hongos en repisa se clasificaron en 5 grandes grupos según su estado de descomposición. Se encontraron también tendencias de preferencia similares para los insectos asociados a los mismos. La única diferencia es que en ese estudio se encontró una preferencia algo mayor por la primera etapa sucesional de los hongos.

Tendencias muy parecidas a las que en este proyecto se presentan, fueron también defendidas en un estudio sobre invertebrados saprófitos protegidos en la Lista Roja elaborado por Jonsell et al. en 1998. Ellos consideran siete categorías diferentes para definir el estado de descomposición de la madera utilizada como sustrato y el mayor número de especies encontrado es el asociado a la sexta categoría. La primera

categoría reúne el menor número de especies y éste se va incrementando hasta la sexta categoría, para reducirse de nuevo en la última etapa sucesional.

Según nuestras regresiones múltiples, cuatro de los seis taxones analizados ([tabla 11](#)), se ven influenciados por la etapa sucesional de los cuerpos de fructificación. Esta variable no es significativa para los dos taxones de dípteros, mientras que sí lo es para las especies de coleópteros, las dos de lepidópteros y las larvas.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las regresiones y observando el gráfico de la [figura 11](#), la especie *Ennearthron cornutum* es más frecuente cuanto más avanzado es el nivel de descomposición de los cuerpos de fructificación. Esta misma conclusión es obtenida en los resultados para la misma especie por Jonsell et al. (2001). El modelo muestra que el lepidóptero *Archinemapogon yildizae* tiene preferencia por los cuerpos de fructificación en etapa sucesional C, luego D y finalmente A y B. Por el contrario, Jonsell et al. encuentran diferentes patrones, siendo preferidas las etapas B, C, A y D en este orden. Nuestros resultados para *Nemapogon cloacella* explican que tiene preferencia por los cuerpos de fructificación en descomposición, pero no demasiado degradados. De esta manera, se inclina por la etapa C seguida de la D y en último lugar A y B. Las larvas no presentan una clara tendencia por cuerpos de fructificación más o menos degradados. Son atraídas por la etapa B en primer lugar, luego por la etapa D, A y C en este orden.

### *Especies protegidas en la Lista Roja*

No podemos desestimar la importancia de haber recolectado una especie clasificada como “casi amenazada” (NT) en la Lista Roja Sueca actual y tres especies más que estuvieron incluidas en la misma categoría en listas de años anteriores. Es cierto que nuestras expectativas para encontrar especies amenazadas y protegidas eran probablemente algo más elevadas que lo que demostraron los hechos. Pero aún así, no podemos olvidar que estas especies deben ser siempre un foco de atención a la hora de planificar e implantar cualquier medida para la gestión de un bosque en el que puedan aparecer dichas especies. Siempre se tratará de hacer un esfuerzo especial por mantener los hábitats requeridos por estas poblaciones y su correcto desarrollo.

La especie *Dorcatoma substriata*, actualmente clasificada como NT en la región donde se desarrolla el presente proyecto, resulta ser relativamente común en nuestras muestras. Sin embargo, responde a la variable ‘lago’ en las regresiones y mirando la [tabla 12](#), podemos ver que realmente presenta una distribución restringida. Su presencia es nula o casi nula en dos de los lagos y concentra más del 40% de su frecuencia total en un lago concreto, Ekoln. Esto concuerda con el criterio-B seguido para las clasificaciones de las especies en la Lista Roja y por tanto podemos decir que nuestros datos confirman la necesidad de mantener esta especie en dicha lista, al menos en la región de estudio. Por otro lado, no disponíamos de suficientes datos para analizar estadísticamente la influencia de la variable ‘etapa sucesional’ sobre este taxón, pero los pocos datos recogidos parecen indicar que es una variable muy importante para el mismo. Todos los especímenes recolectados fueron criados a partir de muestras con cuerpos de fructificación en la etapa sucesional C y/o D. De hecho, 16 de un total de 17 muestras en las que este coleóptero estaba presente, contenían al menos algún cuerpo de fructificación en la etapa D. La muestra restante contenía exclusivamente cuerpos de fructificación en la etapa sucesional C. No aparece, por tanto, en ninguna muestra que

solamente reuniera cuerpos de fructificación en etapa sucesional A y B. Las muestras clasificadas como M en las que aparece esta especie, contaban con cuerpos de fructificación en etapa D mezclados con cuerpos en etapa C, excepto tres de estas muestras que estaban formadas por una mezcla de las etapas sucesionales D y A. Por todo lo expuesto, *Dorcatoma substriata* parece tener preferencia por los cuerpos de fructificación más descompuestos y seguramente tenga capacidad para colonizar el hongo únicamente cuando la degradación de los cuerpos de fructificación sea ya avanzada.

*Abdera affinis* ni si quiera se ve influenciada por la variable 'lago' y es bastante abundante y frecuente en nuestro estudio, viéndose únicamente afectada por el peso de las muestras. Por otra parte, *Abdera flexuosa* también es abundante y frecuente, pero sí se ve afectada por la variable 'lago', siendo más común en el lago Valloxen ([Table 12](#)). Esta diferencia entre lagos, no demuestra sin embargo que su distribución esté restringida a ese lago en particular, ya que está presente en todos ellos. Estos datos pueden apoyar la decisión de haber excluido ambas especies de la Lista Roja vigente, ya que no parece que estas especies requieran ningún tipo de protección especial para su correcta supervivencia y conservación.

Los únicos dos especímenes recogidos de la especie *Tetratoma fungorum* proceden de dos muestras distintas del lago Erken, una de cada orilla y formadas por cuerpos de fructificación en etapa sucesional C y D. Con una frecuencia y abundancia tan reducidas, parece que esta especie no está relacionada directamente con este hongo en particular. Según Paviour-Smith (1965), el huésped principal de este coleóptero es el poliporo *Pitoporus betulinus* desarrollado sobre abedules. Jonsell y Nordlander (2004) también presentan a esta especie como asociada al hongo *Pitoporus betulinus*, mientras que no la mencionan como asociada a *Inonotus radiatus*, el cual también es considerado en su estudio. De este modo, seguramente recolectamos esta especie por una cuestión de azar y por tanto no tenemos información suficiente como para trazar conclusiones en relación a la necesidad de su inclusión o exclusión en la Lista Roja.

Observando la [tabla 12](#), se podría decir que el lepidóptero *Archinemapogon yildizae* presenta una distribución de algún modo restringida a un número reducido de lagos. Está presente en todos ellos, pero casi el 40% de las muestras en las que se encuentra pertenecen al lago Erken. Junto con el lago Valloxen, reúnen más del 60% de las muestras en las que está representada esta especie. Siguiendo el mismo razonamiento que en casos anteriores, esta especie podría ser objeto de estudio en futuras investigaciones, así se podría analizar en detalle su distribución y evolución y su posible inclusión en futuras Listas Rojas si esto fuera estimado necesario.

**Agradecimientos** (Ver **Acknowledgments** en la pág. 34 del proyecto original en inglés)

**Apéndice 1** (Ver **Appendix 1** en la página 35 proyecto original en inglés)

**Apéndice 2** (Ver **Appendix 2** en la pág. 39 del proyecto original en inglés)

**Bibliografía y Referencias** (Ver **Bibliography and references** en la pág. 41 del proyecto original en inglés)



**Examenarbete  
Institutionen för ecologi**



**Insect communities associated to the fungus *Inonotus radiatus* growing on *Alnus glutinosa* trees at northern and southern shores of boreal lakes**

---

**Clara González Alonso – SLU 2009**

Handledare: Mats Jonsell  
Handledare 2: Atte Komonen  
Examinator: Göran Thor

# Table of Contents

<b>Abstract.....</b>	<b>3</b>
<b>Key words.....</b>	<b>3</b>
<b>Introduction and aim of the study .....</b>	<b>4</b>
<i>Brief description of the study.....</i>	<i>4</i>
<i>The study system.....</i>	<i>4</i>
<i>Motivations of the study.....</i>	<i>5</i>
<i>Aim of the project.....</i>	<i>6</i>
<b>Materials and methods.....</b>	<b>8</b>
<i>Sampling sites.....</i>	<i>8</i>
<i>Sampling.....</i>	<i>8</i>
<i>Measured variables.....</i>	<i>9</i>
<i>Rearing.....</i>	<i>10</i>
<i>Species determination and classifications.....</i>	<i>11</i>
<i>Statistical analyses.....</i>	<i>12</i>
<b>Results.....</b>	<b>14</b>
<i>General data for the whole community.....</i>	<i>14</i>
<i>General data for northern and southern communities.....</i>	<i>18</i>
<i>Variable associations of individual taxa.....</i>	<i>21</i>
<i>A closer look to the variable 'Successional stage'.....</i>	<i>23</i>
<i>Red-listed species and their distributions.....</i>	<i>26</i>
<b>Discussion.....</b>	<b>27</b>
<i>General conclusions about the collected data.....</i>	<i>27</i>
<i>Variable associations of individual taxa.....</i>	<i>28</i>
<i>The variable 'successional stage'.....</i>	<i>30</i>
<i>Red-listed species.....</i>	<i>31</i>
<i>Methodological Remarks.....</i>	<i>32</i>
<b>Acknowledgments.....</b>	<b>34</b>
<b>Appendix 1.....</b>	<b>35</b>
<b>Appendix 2.....</b>	<b>39</b>
<b>Bibliography and references.....</b>	<b>41</b>

## Abstract

This project is a study of the insect community associated to the wood-decay fungi *Inonotus radiatus* found on *Alnus glutinosa* trees growing in riparian forests at the northern and southern shores of boreal lakes. Nowadays, little is known about this particular bracket fungus and its inhabitants. Therefore, a lot of interesting data has been gathered and it is presented in this work. Insects were reared out at the laboratory from samples taken in the field containing fruiting bodies of the fungus. Most of the insects were determined and classified at the same laboratory as they were coming out from the samples. During the fieldwork, data about several environmental variables was also taken. After the rearing period, these variables and their effects over the insects were analyzed. Special attention is paid to the comparison between the insect communities living at northern and southern shores of the lakes. We consider the microclimates at opposite shores are different due to the dissimilar sun exposure they receive in these latitudes. The variables which turned out to have a greater impact over the insect communities were lake, weight of the sample and sun exposure. The preferences regarding successional stage of the fruiting bodies by some of the collected taxa are also presented. One red-listed beetle species has been recorded during the project, as well as three other species which were included in previous red lists although they are no longer on the Swedish red list. Distributions of insect species are also revised to analyze the accuracy of the red-list.

**Key words:** fungivorous insects, wood-decay fungi, substrate associations, sun exposure, successional stage, red-listed species, riparian forests



## Introduction and aim of the study

### *Brief description of the study*

This project is a study of the insect community associated to the fungus *Inonotus radiatus* growing in decaying wood from alder trees (*Alnus glutinosa*) located at riparian forests developed by the northern and southern shores of boreal lakes. The research work is based on the insects reared out at the laboratory from fruiting bodies collected in the field. The influence of several environmental variables over species richness and distribution of the reared insects is analysed.

Thus, data about occurrence and distribution patterns of the collected insects is presented. We also point out at the reared species currently included in the Swedish Red List, presenting one red-listed species and three more species which were red-listed in the Red List of previous years.

We analyse how sun exposure levels affect the insect community, as well as other variables regarding characteristics of the host tree and of the studied fungi. Concerning the host tree, we consider variables such as distance from the shore, stem diameter, stem type and sun exposure. Concerning the fungus, successional stage, orientation of the fruiting bodies on the trunk, height above the ground and surface on the trunk occupied by the fruiting bodies are the observed variables ([Table 1](#)).

### *The study system*

*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn is a deciduous species, belonging to the Betulaceae family, distributed all over Europe and introduced into the Azores and the USA. To date, this fast-growing species has not been very much used in managed forest, although during the last decades there has been an increasing interest concerning its possible use, especially for being a nitrogen-fixing species together with *Frankia* actinomycetes. Regarding its role as possible host tree for insects, it is considered an alternative host for many saproxylic beetle species that predominantly utilize e.g. *Quercus* and *Populus* (Jonsell, 1991).

*Inonotus* Karst. is a large genus within the Hymenochaetales exhibiting a worldwide distribution (Wagner & Fischer, 2002) whose systematics face many taxonomical problems (Gottlieb et al., 2002). All the included species live as parasites or saprophytes on a broad variety of angiosperms and gymnosperms and cause white rot decay (Germain et al., 2002; Wagner & Fischer, 2002). This genus is also considered economically important, affecting several productive species as well as ornamental trees (Intini & Tello, 2003).

Particularly, *Inonotus radiatus* is a truly saprophytic fungus of deciduous trees, attacking them only when the tissue is dead and often colonizing wood when degradation is already well underway (Gilbertson and Ryvarden, 1986). The fruiting bodies used for this project come from exclusively alder trees, the main host for this fungus although it has also been reported growing in other deciduous species (Germain et al., 2002; Buczacki & Harris, 1998; Neuman, 1914; Legon & Henrici, 2005; Grand & Vernia, 2005).

Its associated insect community covers different levels inside a complex and species-rich food web, including fungi and wood-boring insects, fungivorous species as well as their predators, parasitoids and hyperparasitoids and it contributes to maintain the biodiversity of the forest ecosystem.

The study system as a whole is focus on the natural ecotones represented by the riparian forests developed along the lakes shores. Thus, the compared sites practically differ from each other only because their edges face either north or south.

### *Motivations of the study*

It is globally accepted that a sustainable management of our forests must be carried out around the world, and the maintenance of biodiversity has been generally considered as a good criterion of sustainability. At the same time, dead wood and its associated saproxylic insect fauna have been recognised as key factors for maintaining biodiversity in forest ecosystems (Bütler Sauvain, Ehnström, 2003; Komonen, 2003; Larsson, 2001; Harmon et al., 1986; Jonsell et al., 2001; Grove, 2002; WWF report, Oct 2004). Human activities threat fungi that depend on dead wood (Bader et al., 1995; Kouki et al., 2001; Olsson, 2008; Stenbacka, 2009; Berg et al., 1995). Thus, a study of a particular system based on decaying wood of alder trees may help foresters and managers to select the right practices to be applied in forests where this species is present and, at the same time, it increases the general knowledge about the insect fauna related to the microhabitat provided by the snags, logs and standing alder trees colonized by this specific fungus.

Forest edges, and particularly these riparian ecotones, gather some specific characteristics which make them very interesting for performing ecological studies. (Naiman & Décamps, 1990; Schiemer & Zalewski, 1992; Risser, 1995). According to Komonen (2009), particularly in the Upland region, these riparian forests represent ecosystems which notably differ from most interior conifer-dominated forests, offering high habitat heterogeneity to the region. Besides, unmanaged riparian zones can represent important habitats for many species, and what is more, to many rare and red-listed species depending on woody debris (Komonen et al., 2008).

In Sweden, buffer zones in riparian forests have been defined and protected appealing the risk of negatively affect water quality of lakes and rivers if these forests were removed. This study could be useful for future buffer zone design and management of riparian forests having in mind not only the maintenance of water quality, but also protection of biodiversity.

Specifically, fruiting bodies of wood-decaying fungi represent a species-rich and well defined type of substrate that can be manipulated easily (Jonsell et al., 2001; Komonen, 2003; Jonsson & Nordlander, 2006) and particularly, polypores in general are known to offer a great variety of niches which may contain a highly mixed arthropod fauna (Thunes, 1994). To date, most studies on insects in bracket fungi have focused on only a few fungal species. Poorly-known species may vanish from their habitats due to the lack of species-specific information even if advanced nature conservation practices are applied (Schigel, 2009). Because many insect species are dependent on various fungi associated with dead wood, it would be desirable to study insect communities associated with the species of fungi not yet investigated (Ehnström,



2003). Thus, material collected from *I. radiatus* will be especially interesting and will contribute in first place, to enlarge the ecological knowledge of fungivorous insects in general.

Furthermore, if the use of *Alnus glutinosa* in forestry systems actually increases, the information provided in this project may be very useful for its future management, especially when considering the management of dead wood. Knowledge about its associated insect community and about the role played by the decaying wood, the fungi and the insects forming the system, is very valuable for planning a sustainable management of the forest.

Another important motivation was the probability of collecting red-listed species, since in the intensively managed forest in Sweden, over 900 species that depend on dead and decaying wood are red-listed (Berg et al., 1994). When red-listed species are recorded during a project, all information regarding their distribution patterns, occurrences and requirements, makes the research particularly interesting for its use in nature conservation studies or practices.

The decision of collecting samples from the northern and southern shores of the lakes was taken attending to a particular question we wanted to investigate. We suggest that the microclimates created in the decaying logs located at opposite shores differ from each other due to their different orientation with regard to the sun. We consider that consequently, the sun exposures at each of the shores are significantly different. Little is known about the differences between sun exposures levels according to orientation of the edge of a non-managed forest, but assuming they are actually different, it is interesting to test if these differences have a real impact over the insect community or if they do not have such an impact. However, the importance of sun exposure as a factor shaping a certain insect community has been demonstrated in several studies focused on insect requirements regarding light exposure levels (Komonen & Kouki, 2005; Lindhe et al., 2005).

Even taking into consideration the particularities of this study, if important responses by the insect community against any of the considered environmental variables are found, the results might be useful for a better understanding of similar systems, although the considered species taking a part of the system could be different. For instance, this is the case for the variable successional stage of the fungi, since many studies have already demonstrated that this is a quite important and interesting factor affecting fungivorous insect communities (Thunes, 1994; Jonsell & Nordlander, 2004; Jonsell et al, 1998; Jonsell et al., 2001; Graves, 1960).

### *Aim of the project*

The presented motivations led me to define the following objectives for the present project:

- 1) Present original data of the insect community associated to this system, obtained by rearing out the insects at the laboratory from fruiting bodies collected in the field.

- 2) Compare the communities living at the northern and southern shores of the selected lakes, to analyze if the dissimilar sun exposure levels characterizing the shores significantly affect these communities.
- 3) Analyze the influences over the distribution and frequency of the collected insects of other environmental variables, such as sun exposure at a lower level, lake, weight of the samples and successional stage of the fruiting bodies.
- 4) Take a closer look to the distribution patterns and responses by the reared species taking into account the accuracy of the red-listing criteria.

## Materials and methods

### Sampling sites

Five different lakes oriented from east to west were selected for the collection of the samples; Erken, Aspdalssjön, Tämnaaren, Valloxen and Ekoln. They are all located in a boreal landscape inside a radius of 50 km around Uppsala in the region of Upland, central Sweden ([Fig. 1](#)).

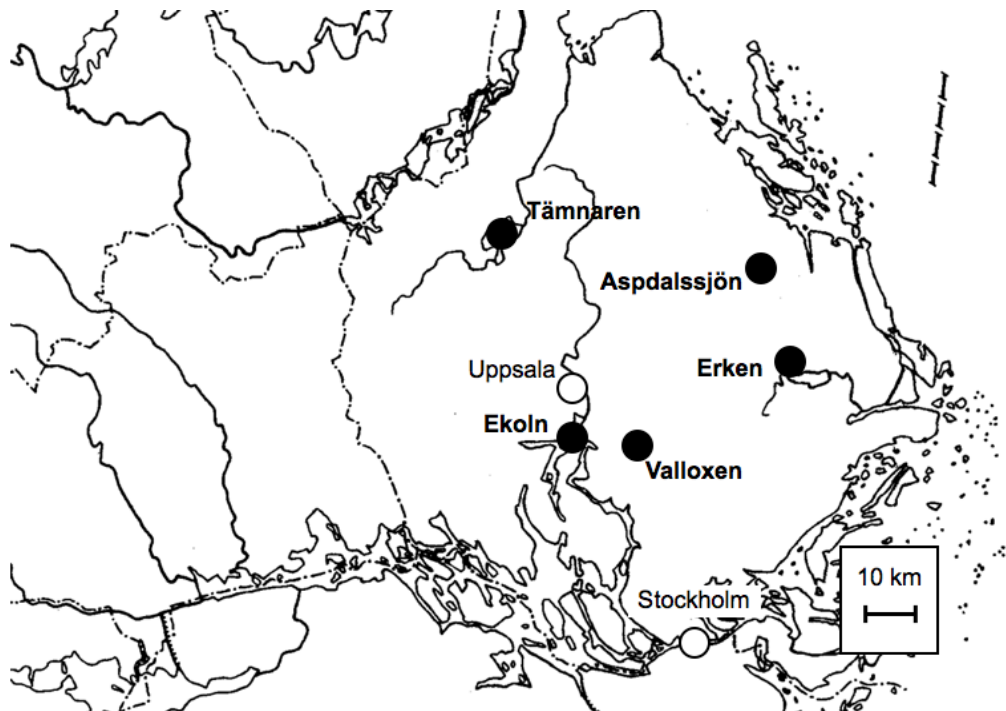


Figure 1. Map showing the five lakes selected as sampling sites

### Sampling

Fruiting bodies of *Inonotus radiatus* growing on ten different *Alnus glutinosa* trees were collected from each shore (northern and southern shores) at every lake. However, only 8 samples were found at the southern shore of Aspdalssjön and 11 samples were taken from the northern shore at Erken lake and southern shores at Tämnaaren and Ekoln lakes. These extra samples were collected when two of the samples previously taken at one particular shore were growing on the same tree. Thus, a total of 100 samples were gathered between January 27<sup>th</sup> and February 11<sup>th</sup> of 2009.

The samples were selected on the field while walking on the ice along the riparian forests by the shores. We were mainly looking for alder trees as the fungus is most frequent on them. Thus, any snag, log or living and standing trunk with fruiting bodies of *Inonotus radiatus* could be object of our study, as long as the sample was not too small for taking it.

When a lot of possible trees with fruiting bodies were located in a very small and concentrated area, we decided to take samples not too close to each other and we

left some of them untouched, looking for new samples a bit farther along the shore. We collected the samples in 5 litres plastic bags. In this way, when the sample was that small that the bag could not be completely full after taking it, we took almost all the fruiting bodies growing on that tree, but always some of them remained untouched for protection of the fungi and the related fauna on that area. If the sample was bigger than a 5 litres bag, only one bag was collected for that tree, trying to get fruiting bodies of all present types, and having into consideration the limited tools we had.

### Measured variables

For each sample we collected the following data:

RT90 coordinates from a GPS of the location of each sample were recorded, as well as the following environmental variables: 'distance from the shore', 'stem type', 'stem diameter', 'size of the fungi', 'height above the ground', 'successional stage', 'orientation of the fruiting bodies' and 'sun exposure' ([Table 1](#)). A summary table with all the environmental data collected for each sample is presented in [Appendix 1](#).

A tree caliper was used to measure the stem diameter at breast height for every sample. A metric tape was our tool to measure height above the ground of the first and the last fruiting body growing on the trunk and the distance from the shore. Stem type, successional stage, orientation of the fruiting bodies on the trunk and sun exposure level were defined by the field team in situ. An axe or knife was used to detach the samples from the host tree, trying to get as little woody material and bark as possible. Ice-probing sticks and ice-prods (*vandringsstav* and *isdubbar* in Swedish) complete our field equipment as safety tools.

**Table 1.** Environmental variables measured

Variable	Categories	Comments
Distance from the shore	Numeric	
Stem type	Laying Erect	
Stem diameter	Numeric	Breast height
Size of the fungi	Numeric	Surface over the trunk occupied by the fruiting bodies
Height of the first fruiting body	Numeric	Height above the ground where the first fruiting body grows on the trunk
Height of the last fruiting body	Numeric	Height above the ground where the last fruiting body grows on the trunk
Successional stage	A = living B = newly dead, some holes C = dead with many holes or cracks D = dead and falling apart M = more than one stage	
Orientation	N, S, E, W, SE, SW, NE, NW	Orientation of the fruiting bodies on the trunk
Sun exposure	1 = total exposition 2 = intermediate 3 = shaded	

## *Rearing*

The samples were taken to the laboratory where they were placed in separate rearing boxes (Fig. 2). Samples that were too wet or still frozen were dried for a few days before they were enclosed in the boxes. The lids of the boxes were taped for preventing the escape of insects. Two glass vials were inserted in every box where insects attracted to the light were collected. The emerging insects were preserved in jars with 70% ethanol, except for the moths, which were kept dry in a refrigerator to facilitate their conservation and further determination.



*Figure 2.- Samples at the laboratory in rearing boxes with glass vials*

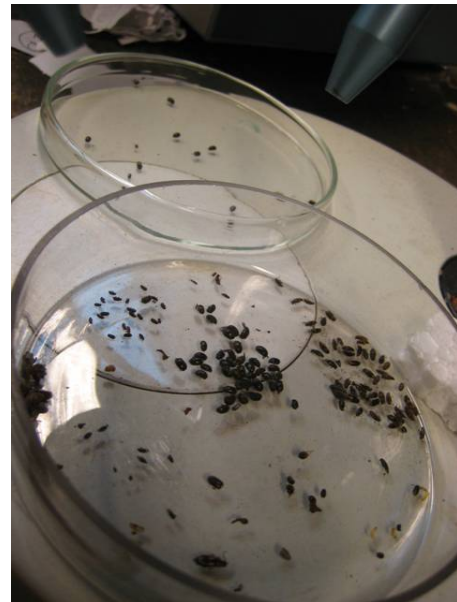
The first insects were collected on the 20<sup>th</sup> of February and since that date the collecting period lasted for about 8 weeks. During the first week of this period, the vials were examined daily. In the next three weeks, insects were collected three times a week while during the fifth and sixth week, the vials were emptied twice a week. Finally, a last collection was made on the 16<sup>th</sup> of April, after one and a half weeks with only a few new individuals coming out each day.

After the rearing period every box was opened and examined to collect insects remaining inside the boxes. Not all the insects from the samples are attracted to light and some others simply could not reach the vials during the rearing period. The samples were sieved using five grids of different sizes to find and collect those remaining individuals (Fig. 3). At the same time, since the samples were not homogeneous regarding size, the dry weight of each sample was measured with one gram precision. The opening period lasted from April 16<sup>th</sup> to May 8<sup>th</sup>.





Figure 3.- Opening period: sieving and weighing fungi and collecting the last insects



### Species determination and classifications

Identification of the reared insects was carried out by Clara González Alonso supported by Mats Jonsell, except for three of the collected moths which were identified by Bengt Å. Bengtsson (*Eupithecia icterata*, *Ectoedemia* (probably *subbimaculella*, otherwise *E. albifasciella*) and almost certainly *Scoparia ambigualis*).

Most of the groups, families and species were determined by morphological characters using keys and microscope when needed. Determination of the moth *Nemapogon cloacella* required genitalia preparation for its morphological similarity to *Nemapogon wolffellus* (Fig. 4). A total of 22 individuals collected during the rearing period were examined. 12 of them turned out to be males and they were clearly determined as *N. cloacella*. The remaining 10 females, as well as the other 19 individuals collected during the opening of the boxes, were assumed to be the same species as the examined males.



Figure 4.-*Nemapogon cloacella* specimen and genitalia preparation for its determination

From the total of 75 taxa defined during the determination, most of them correspond to scientific species names. A few others refer to genus or family names. The rest of the taxa were morphospecies named with non-scientific names by Clara González Alonso for this project. In most of the cases, each of these taxa corresponds with a single species and it has been named by the genus and/or family name.

Redlist categories follow three different versions of the Swedish red-list. The present list was published in 2005 (Gärdenfors 2005). However, also species red-listed in earlier versions (Ehnström 1993 & Gärdenfors 2000) were considered as the former red-listing suggest that they have a higher interest in nature conservation than never red-listed species, although they do not reach the present limit for red-listing.

The taxa were also classified in different groups regarding their relation to the fungi. The defined categories were: fungivorous, saproxylic, parasitoids, hyperparasitoids, others and unknown. The insects feeding directly on the fungi material belong to the fungivorous category. The ones feeding strictly on the woody material of our system are named here saproxylic. Parasitoids are the insects parasiting any of the fungivorous or saproxylic species. Consequently, hyperparasitoids are the ones being parasitoids of the parasitoids of saproxylic or fungivorous species. The insects classified as others are the ones which do not depend on our fungi/wood or on the directly related insects for feeding, so we considered we found them on the samples because either they found a nice place for hibernating on the fruiting bodies or they were there just by chance. The classification was based on literature (Nationalnyckeln, 2005; Baranowski, 1985; Palm, 1959, Koch, 1989-1992 and Hansen, 1964) and supervisor's opinion.

### *Statistical analyses*

#### - Insect communities overview:

**Rank-abundance curves** were elaborated by ranking the species in sequence from most to least abundant (and from the species with the highest number of occurrences to the one with the lowest) along the horizontal axis. Their abundances and occurrences are displayed in log10 format on the vertical axis, so that species whose abundances/occurrences span several orders of magnitude can be easily accommodated on the same graph. Rank-abundance curves were also plot separately for comparing the communities related to northern and southern shores. Interpretation of these curves was based on theoretical literature and applied studies (Whittaker, 1972; Feinsinger, 1948; Magurran, 2004; Encora, 2009; Ecoplexity, 2009)

#### - Variable associations:

A model was run using SAS 6.12 for Macintosh (SAS, 1989-96) to conduct **multivariate Poisson regressions** for some particular taxa. Poisson distributions were assumed because this distribution usually fits count data when many counts are zero (Quinn & Keough, 2002).

A total of 18 taxa, corresponding to the taxa with an occurrence higher than 10 and being either fungivorous and saproxylic species or parasites and predators of the previous ones, were included ([Table 10](#)).

Not all the environmental variables were included in the model. It was run for each taxa including the variables 'weight', 'lake', 'shore' and 'sun exposure' in that order. The variable 'stem type' was excluded for the analyses because only one sample corresponded to a laying tree, being the rest from erected stems. 'Distant from the shore' had also too little variation for being included in the model and 'orientation' had



too many categories for this type of analysis. 'Stem diameter' was excluded because it was positively correlated to the variable 'weight', so it would probably explain almost the same part of the variation as the weight does. The same applies to the variable 'size of the fungi', also positively correlated to 'weight'. These correlations were analyzed with STATGRAPHICS, using 2-tailed Pearson correlations and transforming the variables by the logarithmic function. For most of the studied groups, there was not enough data for the first category of 'successional stage' and that is the reason why this variable was also excluded from these regressions.

- A closer look to the variable 'Successional stage':

To provide a wide view of the effect of the successional stage of the fruiting bodies over the insect community, the number of species in different successional stages was plotted in sample-based **rarefaction curves**. Again, only the insects directly related to the fungi were considered. The software Estimate S was used for computing the expected species accumulation curves with 95% confidence intervals (sample-based rarefaction curves in the terminology of Gotelli & Colwell 2000).

In addition, a model including 'successional stage' was run for the only 6 taxa which had enough data for this purpose. The **multivariate regressions** only include now the variables 'weight' due to the need of taking into account the heterogeneity regarding size of the samples, and 'successional stage'.

## Results

### General data for the whole community

A total of 6,427 individuals comprising 75 different taxa were reared out and collected during the study (Table 3). Of these, 3,834 individuals from 37 taxa, were directly related to the fungi (fungivorous, saproxylic, parasitoids or hyperparasitoids).

Species belonging to 21 different families of Coleoptera were found. At least 40 different beetle species were collected and 28 out of this 40 were determined to species level. 9 of these were fungivorous species and 7 saproxylic species.

The rest of the material is completed by 7 Lepidoptera species (4 of them are fungivorous tineid moths), 9 Diptera taxa belonging to at least 6 different families, 13 Hymenoptera taxa from a minimum of 7 different families, some Hemiptera, Thysanoptera, two species of Neuroptera, Psocoptera, pseudoscorpions and unidentified larvae (Table 2).

**Table 2.** Individuals classified by order/groups and its representation in the total community

Order/group	Individuals	%total
Coleoptera	2316	36,0
Diptera	2348	36,5
Larvae (unidentified)	748	11,6
Hymenoptera	528	8,2
Thysanoptera	110	1,7
Lepidoptera	223	3,5
Neuroptera	50	0,8
Pseudoscorpions and mites	58	0,9
Hemiptera	31	0,5
Psocoptera	15	0,2
<b>Total</b>	<b>6427</b>	<b>100</b>

Only the beetle *Dorcatoma substriata* is currently included in the Swedish red list (Fig.5.3). It is classified under the category 'NT', meaning "near threatened". Three additional beetle species were included in earlier versions of the red-list: *Abdera affinis* (NT in the 1993 red list) and *Abdera flexuosa* (NT in the 2000 red list), as well as *Tetratoma fungorum* (NT in the 2000 red list), Coleoptera from the Tetratomidae family.

**Table 3.** Number of individuals (in brackets occurrence) of the collected taxa.

NT = species classified as "near threatened" in the last Swedish red list

(NT) = species classified as "near threatened" in earlier versions of the Swedish red-list

Taxa	Order	Family	Group	Red list category	Individuals (Occurrence)
<i>Abdera affinis</i>	Coleoptera	Melandryidae	Fungivorous	(NT)	573(29)
<i>Abdera flexuosa</i>	Coleoptera	Melandryidae	Fungivorous	(NT)	407(37)
<i>Cis bidentatus</i>	Coleoptera	Ciidae	Fungivorous		26(8)
<i>Dorcatoma dresdensis</i>	Coleoptera	Anobiidae	Fungivorous		267(26)
<i>Dorcatoma substriata</i>	Coleoptera	Anobiidae	Fungivorous	NT	64(17)
<i>Enicmus fungicola</i>	Coleoptera	Latridiidae	Fungivorous		1(1)

<i>Ennearthron cornutum</i>	Coleoptera	Ciidae	Fungivorous	631(54)
<i>Orthocis alni</i>	Coleoptera	Ciidae	Fungivorous	1(1)
<i>Tetratoma fungorum</i>	Coleoptera	Tetratomidae	Fungivorous (NT)	2(2)
<i>Anaspis thoracica</i>	Coleoptera	Scraptiidae	Saproxylic	22(17)
<i>Cerylon histeroides</i>	Coleoptera	Cerylonidae	Saproxylic	4(3)
<i>Dasytes caeruleus</i>	Coleoptera	Melyridae	Saproxylic	7(6)
<i>Dasytes plumbeus</i>	Coleoptera	Melyridae	Saproxylic	1(1)
<i>Denticolis linearis</i>	Coleoptera	Elitaridae	Saproxylic	1(1)
<i>Trichaceble floralis</i>	Coleoptera	Melyridae	Saproxylic	1(1)
<i>Triplax</i>	Coleoptera	Erotylidae	Saproxylic	1(1)
<i>Agonum thoreyi</i>	Coleoptera	Carabidae	Others	3(1)
<i>Anthicus antherinus</i>	Coleoptera	Anthiciidae	Others	1(1)
<i>Badister</i>	Coleoptera	Carabidae	Others	5(1)
<i>Brachytarsus nebulosus</i>	Coleoptera	Anthribidae	Others	1(1)
<i>Carabidae</i>	Coleoptera	Carabidae	Others	19(5)
<i>Cercyon</i>	Coleoptera	Hydrophilidae	Others	1(2)
<i>Chrysomelidae</i>	Coleoptera	Chrysomelidae	Others	10(10)
<i>Coccidula scutellata</i>	Coleoptera	Coccinellidae	Others	21(16)
<i>Coccinellidae</i>	Coleoptera	Coccinellidae	Others	3(3)
<i>Corticaria impressa</i>	Coleoptera	Latridiidae	Others	1(1)
<i>Curculionidae</i>	Coleoptera	Curculionidae	Others	2(2)
<i>Cyphon padi</i>	Coleoptera	Scirtidae	Others	1(1)
<i>Dromius queadrimaculatus</i>	Coleoptera	Carabidae	Others	3(3)
<i>Dyschirius globosus</i>	Coleoptera	Carabidae	Others	3(3)
<i>Galerucella nymphaeae</i>	Coleoptera	Chrysomelidae	Others	101(15)
<i>Hidraena</i>	Coleoptera	Hydrophilidae	Others	5(3)
<i>Hydrophilidae</i>	Coleoptera	Hydrophilidae	Others	47(11)
<i>Limnebius</i>	Coleoptera	Hydraenidae	Others	1(1)
<i>Phyllotreta undulata</i>	Coleoptera	Chrysomelidae	Others	4(4)
<i>Pterustichus minor</i>	Coleoptera	Carabidae	Others	1(1)
<i>Silis nitidula</i>	Coleoptera	Cantharidae	Others	1(1)
<i>Staphylinidae</i>	Coleoptera	Staphylinidae	Others	73(18)
<i>Archinemapogon yildizae</i>	Lepidoptera	Tineidae	Fungivorous	109(21)
<i>Nemapogon cloacella</i>	Lepidoptera	Tineidae	Fungivorous	41(15)
<i>Nemapogon nigrallbellus</i>	Lepidoptera	Tineidae	Fungivorous	3(3)
<i>Nemapogon picarellus</i>	Lepidoptera	Tineidae	Fungivorous	66(15)
<i>Eupithecia icterata</i>	Lepidoptera	Geometridae	Others	1(1)
<i>Ectoedemia</i>	Lepidoptera	Nepticulidae	Others	1(1)
<i>Scoparia ambigualis</i>	Lepidoptera	Crambidae	Others	2(2)
<i>Cecidiomyidae2</i>	Diptera	Cecidiomyidae	Fungivorous	64(9)
<i>Chloropidae1</i>	Diptera	Chloropidae	Unknown	15(3)
<i>Tipulidae1</i>	Diptera	Tipulidae	Fungivorous	21(4)
<i>Tinydip</i>	Diptera			30(2)
<i>Tachinidae1</i>	Diptera	Tachinidae	Parasitoids	56(25)
<i>Mycetophilidae1</i>	Diptera	Mycetophilidae	Fungivorous	17(11)
<i>Sciaridae1</i>	Diptera	Sciaridae	Fungivorous	1638(21)
<i>Cecidiomyidae1</i>	Diptera	Cecidiomyidae	Fungivorous	498(51)
<i>Dipteras no determ.</i>	Diptera			9(5)
<i>HymRen</i>	Hymenoptera		Parasitoids	1(1)
<i>Tenthredinidae1</i>	Hymenoptera	Tenthredinidae	Others	2(2)
<i>Tenthredinidae2</i>	Hymenoptera	Tenthredinidae	Others	2(2)
<i>Ichneumonidae1</i>	Hymenoptera	Ichneumonidae	Parasitoids	14(6)
<i>Perilampidae1</i>	Hymenoptera	Perilampidae	Hyperparasitoids	57(16)
<i>Perilampidae2</i>	Hymenoptera	Perilampidae	Hyperparasitoids	12(9)

<i>Mymaridae</i> 1	Hymenoptera	Mymaridae	Parasitoids	8(6)
<i>HymBlan</i>	Hymenoptera		Parasitoids	10(6)
<i>HymPats</i>	Hymenoptera		Parasitoids	8(4)
<i>Pteromalidae</i> S	Hymenoptera	Chalcidoidea (superfam)	Parasitoids	42(12)
		Pteromalidae		
<i>Chalcidoidea</i> 1	Hymenoptera	Chalcidoidea (superfam)	Parasitoids	31(7)
<i>Hymenop</i> 1	Hymenoptera	Ichneumonidae and Braconidae	Parasitoids	318(53)
<i>Hymenopter</i> as no det.	Hymenoptera			22(12)
<i>Thysanoptera</i>	Thysanoptera		Fungivorous	110(6)
<i>Hemiptera</i>	Hemiptera		Others	18(10)
<i>Loricula elegantula</i>	Hemiptera	Microphysidae	Others	13(9)
<i>Neuroptera black</i>	Neuroptera		Others	46(14)
<i>Neuroptera brown</i>	Neuroptera		Others	4(2)
<i>Psocoptera</i>	Psocoptera			15(7)
<i>Cosas</i>				19(4)
<i>Larvae</i>				748(39)
<i>Pseudoscorpion</i>			Saproxyllic	39 (16)
Grand Total				6426(741)

The most abundant taxa reared out from the samples was a fungivorous Diptera belonging to the Sciaridae family ([Table 4](#) and [Fig. 5.1](#)). The number of individuals collected was 1,638, coming out from 21 different samples. The second place in total numbers is occupied by the collected *larvae*, being 748 individuals from 39 of the samples. The third and fourth places are taken by two fungivorous Coleoptera species, *Ennearthron cornutum* and *Abdera affinis*, with 631 and 573 individuals respectively (54 and 29 occurrences). They are followed for one fungivorous Diptera species of the Cecidiomyidae family, referred to as *Cecidiomyidae*1 in this paper. The total amount for this species is 498 individuals, being present in 51 different samples. *Abdera flexuosa*, also a fungivorous Coleoptera, has 407 individuals coming from 37 different samples ([Table 4](#)).

The most frequently found species, reared out from 54 different samples, was *Ennearthron cornutum* ([Table 5](#) and [Fig. 5.2](#)). It is closely followed, with 53 occurrences, by the category *Hymenop*1, which includes parasitoids Hymenoptera from the Ichneumonidae and Braconidae families. Quite frequent was also *Cecidiomyidae*1 which appeared in 51 of the rearing boxes. The different *larvae* were collected from 39 of the samples, and the beetles of the Melandryidae family, *Abdera flexuosa* and *Abdera affinis*, were present in 37 and 29 of the samples respectively ([Table 5](#)).

**Table 4.** Most abundant taxa:

Most abundant taxa	Number of individuals
<i>Sciaridae</i> 1	1638
Larvae	748
<i>Ennearthron cornutum</i>	631
<i>Abdera affinis</i>	573
<i>Cecidiomyidae</i> 1	498
<i>Abdera flexuosa</i>	407
<i>Hymenop</i> 1	318
<i>Dorcatoma dresdensis</i>	267
<i>Thysanoptera</i>	110
<i>Archinemapogon yildizae</i>	109
<i>Galerucella nymphaeae</i>	101
<i>Staphylinidae</i>	73
<i>Nemapogon picarellus</i>	66
<i>Dorcatoma substriata</i>	64

**Table 5.** Most frequent taxa per sample:

Most frequent taxa	Occurrence
<i>Ennearthron cornutum</i>	54
<i>Hymenop</i> 1	53
<i>Cecidiomyidae</i> 1	51
Larvae	39
<i>Abdera flexuosa</i>	37
<i>Abdera affinis</i>	29
<i>Dorcatoma dresdensis</i>	26
<i>Tachinidae</i> 1	25
<i>Sciaridae</i> 1	21
<i>Archinemapogon yildizae</i>	21
<i>Staphylinidae</i>	18
<i>Dorcatoma substriata</i>	17
<i>Anaspis thoracica</i>	17
<i>Perilampidae</i> 1	16

**Figure 5.**

1. Specimen of the most abundant taxa named *Sciaridae*1
2. Specimens of the most frequent taxa, *E. cornutum*
3. Specimen of the red-listed species *D. substriata*

Rank-abundance and rank-occurrence plots are presented in [Figure 6](#) to have a general overview of the species composition of the whole insect community. The plot's span from left to right on the graph reflects the number of taxa representing our insect community, comprising the 75 taxa. The “tail” of the plots, meaning the horizontal lines consisting of those species with only one individual/occurrence (a total of 17), shows us the taxa whose individuals may be present or absent just by chance.

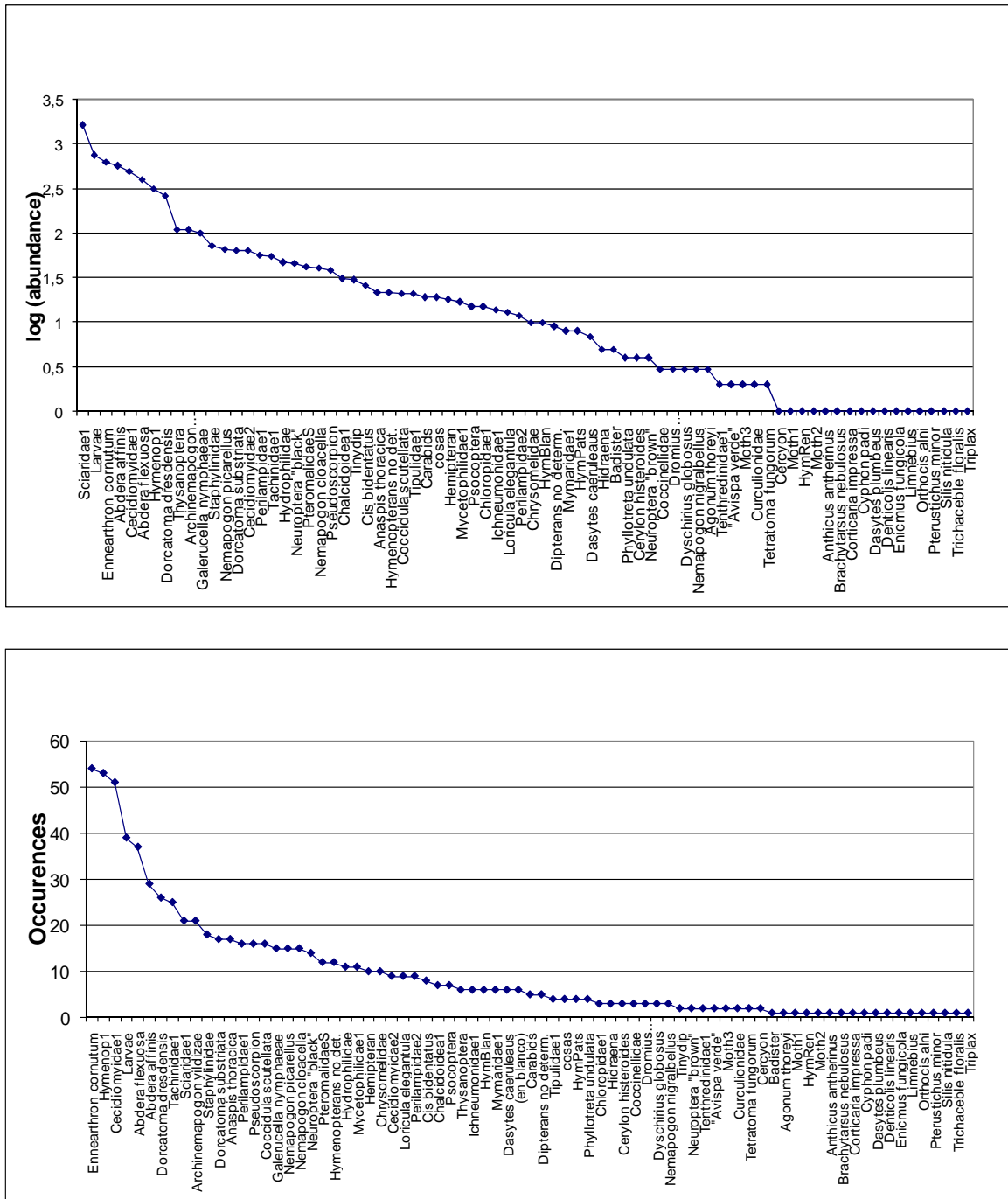


Figure 6. Species composition: rank-abundance and rank-occurrence plots

### General data for northern and southern communities

From the total number of 6,427 individuals collected during the project, 3,590 ( $\approx 56\%$ ) were obtained from the southern samples, while 2,837 ( $\approx 44\%$ ) were found in the samples corresponding to the northern shores. Both shores have presence of all the orders which have been identified. Percentage and number of individuals belonging to each order or group are presented in [table 6](#).

**Table 6.** Individuals and percentages classified by order/group for northern and southern shores:

Order/group	North (individuals)	South (individuals)	%total North	%total South
Coleoptera	981	1335	34,6	37,2
Diptera	736	1612	25,9	44,9
Larvae (unidentified)	575	173	20,3	4,8
Hymenoptera	263	265	9,3	7,4
Thysanoptera	104	6	3,7	0,2
Lepidoptera	91	132	3,2	3,7
Neuroptera	35	15	1,2	0,4
Pseudoscorpions and mites	32	26	1,1	0,7
Hemiptera	10	21	0,4	0,6
Psocoptera	10	5	0,4	0,1
<b>Total</b>	<b>2837</b>	<b>3590</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

The red-listed species *Dorcatoma substriata* is present in both shores, gathering a total of 64 individuals; 34 from 8 of the northern samples and 30 more from 9 of the southern samples. *Abdera affinis*, *Abdera flexuosa* and *Tetratoma fungorum*, the three species included in earlier versions of the Swedish red list, are also present at both of the shores.

Most abundant taxa at the northern samples are in this order, *larvae*, *Sciaridae*1, *Abdera affinis*, *Cecidiomyidae*1 and *Ennearthron cornutum* while at the southern samples are *Sciaridae*1, *Ennearthron cornutum*, *Abdera flexuosa*, *Abdera affinis* and *Cecidiomyidae*1 ([Table 7](#)).

**Table 7.** Most abundant taxa sorted in decreasing order in northern and southern samples

Most abundant taxa			
North	Number of individuals	South	Number of individuals
<i>Larvae</i>	575	<i>Sciaridae</i> 1	1290
<i>Sciaridae</i> 1	348	<i>Ennearthron cornutum</i>	379
<i>Abdera affinis</i>	298	<i>Abdera flexuosa</i>	307
<i>Cecidiomyidae</i> 1	269	<i>Abdera affinis</i>	275
<i>Ennearthron cornutum</i>	252	<i>Cecidiomyidae</i> 1	229
<i>Hymenop</i> 1	166	<i>Larvae</i>	173
<i>Thysanoptera</i>	104	<i>Dorcatoma dresdensis</i>	164
<i>Dorcatoma dresdensis</i>	103	<i>Hymenop</i> 1	152
<i>Abdera flexuosa</i>	100	<i>Galerucella nymphaeae</i>	89
<i>Cecidiomyidae</i> 2	53	<i>Archinemapogon yildizae</i>	67
<i>Staphylinidae</i>	51	<i>Nemapogon picarellus</i>	40
<i>Archinemapogon yildizae</i>	42	<i>Dorcatoma substriata</i>	30
<i>Perilampidae</i> 1	36	<i>Chalcidoidea</i> 1	30
<i>Dorcatoma substriata</i>	34	<i>Tachinidae</i> 1	27

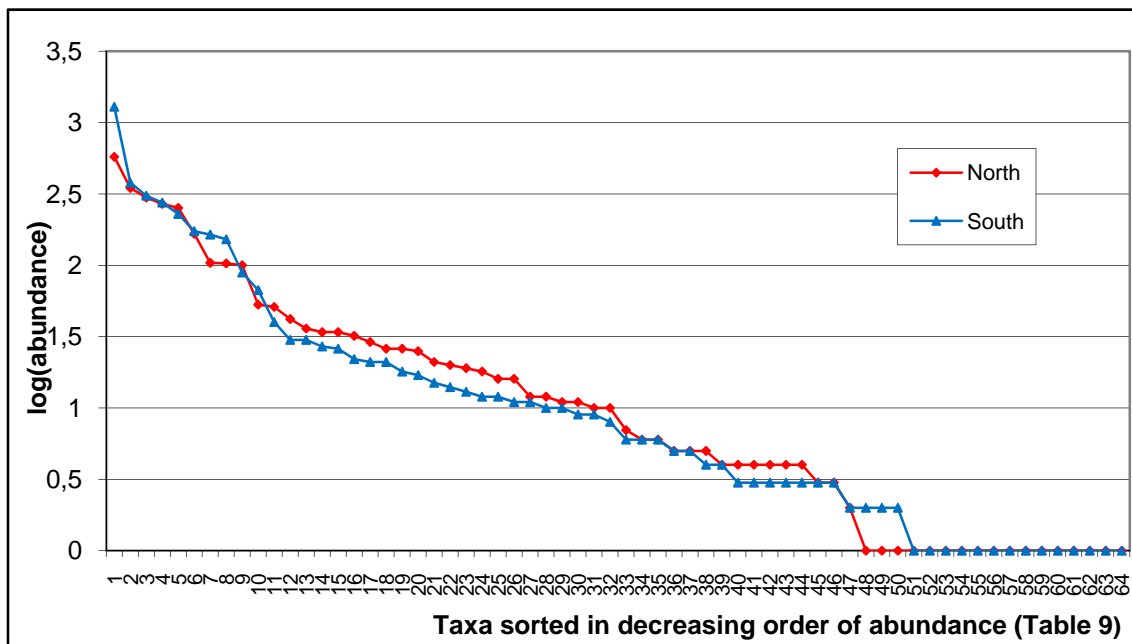
Regarding species richness, from the 75 defined taxa, 51 out of them turned out to be present in both northern and southern shores. 62 taxa were identified in the northern samples and 63 in the southern samples. Thus, a total of 11 taxa appeared only in the South, while the same number of taxa appears only in the North. Most frequent taxa at northern and southern shores are presented in [table 8](#).



**Table 8.** Most frequent taxa sorted in decreasing order in northern and southern samples

Most frequent taxa			
North	Occurrence	South	Occurrence
<i>Hymenop1</i>	29	<i>Cecidiomyidae1</i>	27
<i>Ennearthron cornutum</i>	28	<i>Ennearthron cornutum</i>	26
<i>Cecidiomyidae1</i>	24	<i>Larvae</i>	24
<i>Abdera flexuosa</i>	18	<i>Hymenop1</i>	24
<i>Larvae</i>	15	<i>Abdera flexuosa</i>	19
<i>Staphylinidae</i>	14	<i>Abdera affinis</i>	16
<i>Abdera affinis</i>	13	<i>Dorcatoma dresdensis</i>	13
<i>Dorcatoma dresdensis</i>	13	<i>Sciaridae1</i>	12
<i>Tachinidae1</i>	13	<i>Archinemapogon yildizae</i>	12
<i>Coccidula scutellata</i>	13	<i>Tachinidae1</i>	12
<i>Neuroptera "black"</i>	10	<i>Galerucella nymphaeae</i>	10
<i>Anaspis thoracica</i>	10	<i>Dorcatoma substriata</i>	9
<i>Sciaridae1</i>	9	<i>Nemapogon picarellus</i>	8
<i>Archinemapogon yildizae</i>	9	<i>Perilampidae1</i>	8

Rank-abundance plots for northern and southern insect communities are presented in [figure 7](#) and identification of each plotted point with the name of the taxa it represents at each of the shores, are shown in [table 9](#).



**Figure 7.** Rank-abundance plots for insect communities in the North and the South of the studied lakes

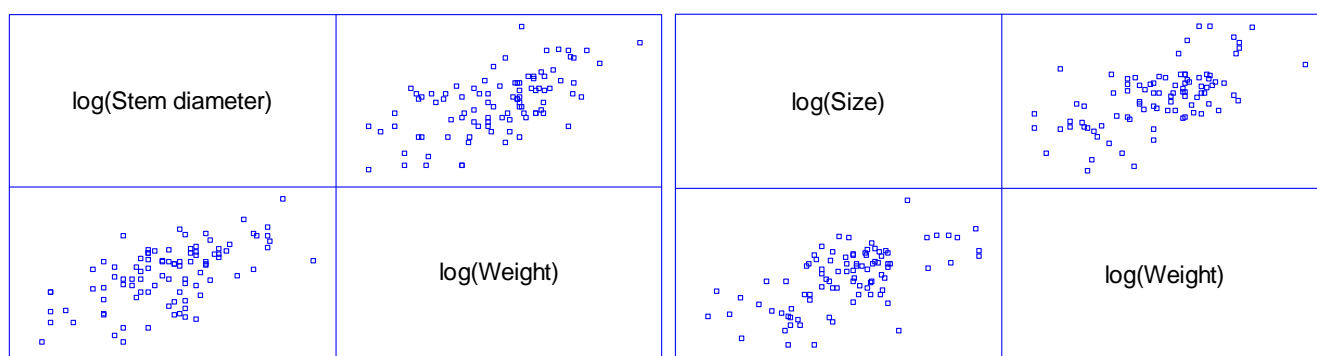
**Table 9.** Correspondence of the represented taxa in figure 7 for northern and southern shores

x	Categories South	Categories North	x	Categories South	Categories North
1	Sciaridae1	Larvae	34	Dipterans no determ.	HymBlan
2	Ennearthron cornutum	Sciaridae1	35	Thysanoptera	Ichneumonidae1
3	Abdera flexuosa	Abdera affinis	36	Psocoptera	Mymaridae1
4	Abdera affinis	Cecidiomyidae1	37	Tinydip	Badister
5	Cecidiomyidae1	Ennearthron cornutum	38	HymBlan	Tipulidae1
6	Larvae	Hymenop1	39	HymPats	Mycetophilidae1
7	Dorcatoma dresdensis	Thysanoptera	40	Chrysomelidae	Loricula elegantula
8	Hymenop1	Dorcatoma dresdensis	41	Coccidula scutellata	HymPats
9	Galerucella nymphaeae	Abdera flexuosa	42	Dromius queadrimaculatus	Hidraena
10	Archinemapogon yildizae	Cecidiomyidae2	43	Nemapogon nigrallbellus	Cerylon histeroides
11	Nemapogon picarellus	Staphylinidae	44	Mymaridae1	Dipterans no determ.
12	Dorcatoma substriata	Archinemapogon yildizae	45	Agonum thoreyi	Dyschirius globosus
13	Chalcidoidea1	Perilampidae1	46	Neuroptera "brown"	Phyllotreta undulata
14	Tachinidae1	Dorcatoma substriata	47	Tenthredinidae1	Chalcidoidea1
15	PteromalidaeS	Neuroptera "black"	48	Perilampidae2	Chloropidae1
16	Staphylinidae	Hydrophilidae	49	Coccinellidae	Dasytes caeruleus
17	Perilampidae1	Tachinidae1	50	Phyllotreta undulata	Neuroptera "brown"
18	Nemapogon cloacella	Nemapogon picarellus	51	Cercyon	Coccinellidae
19	Pseudoscorpion	Tinydip	52	Tenthredinidae2	Tenthredinidae2
20	Tipulidae1	Pseudoscorpion	53	Scoparia ambigualis	Scoparia ambigualis
21	Hydrophilidae	Nemapogon cloacella	54	Corticaria impressa	Curculionidae
22	Chloropidae1	Carabids	55	Curculionidae	Tetratoma fungorum
23	Mycetophilidae1	Coccidula scutellata	56	Cyphon padi	Eupithecia icterata
24	Hemipteran	PteromalidaeS	57	Dasytes plumbeus	HymRen
25	Neuroptera "black"	Cis bidentatus	58	Denticolis linearis	Ectoedemia
26	Hymenopterans no det.	Galerucella nymphaeae	59	Hidraena	Anthicus antherinus
27	Cecidiomyidae2	Anaspis thoracica	60	Pterustichus minor	Brachytarsus nebulosus
28	Anaspis thoracica	Hymenopterans no det.	61	Silis nitidula	Enicmus fungicola
29	Cis bidentatus	Cosas	62	Tetratoma fungorum	Limnebius
30	Ichneumonidae1	Psocoptera	63	Trichaceble floralis	Orthocis alni
31	Loricula elegantula	Perilampidae2	64	Triplax	
32	Cosas	Chrysomelidae			
33	Dasytes caeruleus	Hemipteran			

### Variable associations of individual taxa

The multivariate Poisson regressions performed for the selected 18 taxa reveal the influence of different environmental variables over these groups (results in [Appendix 2](#)). They finally include 6 Coleoptera species, 3 Lepidoptera species, 4 Diptera groups, 3 Hymenoptera groups, pseudoscorpions and larvae ([Table 10](#)).

In order to select the variables included in the model, correlation between different environmental variables were studied using 2-tailed Pearson correlations. Positives correlations were found for the variables 'stem diameter' and 'weight', and 'size of the fungi' and 'weight'. The correlation between 'stem diameter' and 'weight' has a value of 0.608, while the correlation between 'size of the fungi' and 'weight' has a value of 0.617. A p-value of 0.000 was obtained in both cases so the correlations are highly significant at the 0.01 level. Highlighted by these results, we considered appropriated to exclusively include the variable 'weight' in the model and draw future conclusions for the three variables based on their significant positive correlations ([Fig.8](#)).



**Figure 8.** Significant positive correlations between ‘stem diameter’ and ‘weight’, and ‘size of the fungi’ and ‘weight’

From the four variables included in the model (‘weight’, ‘lake’, ‘shore’ and ‘sun exposure’), the variable **‘weight’** resulted to significantly explain part of the variation for 10 of the studied populations. Its influence was found to be significant for one beetle species (*Abdera affinis*), the 3 Lepidoptera species (*Archinemapogon yildizae*, *Nemapogon cloacella* and *Nemapogon picarellus*), 2 Hymenoptera taxa (*Perilampidae1* and *Hymenop1*), 3 Diptera (*Sciaridae1*, *Cecidiomyidae1* and *Tachinidae1*) and the larvae.

The variable **‘lake’** was also significant in the model for 10 of the taxa; the beetles *Abdera flexuosa* and *Dorcatoma substriata*, the moths *Archinemapogon yildizae* and *Nemapogon cloacella*, the Diptera taxa *Mycetophilidae1*, *Sciaridae1* and *Cecidiomyidae1*, the Hymenoptera *PteromalidaeS* and *Hymenop1*, the larvae and the pseudoscorpions.

The next variable, **‘shore’**, turned out to be significant only for four of the taxa; the Coleoptera *Abdera flexuosa*, the Dipteras *Mycetophilidae1* and *Sciaridae1* and the larvae.

The last variable in the model, **‘sun exposure’** was significant for six of the populations; 3 beetles (*Abdera flexuosa*, *Dorcatoma dresdensis* and *Ennearthron cornutum*), the moth *Archinemapogon yildizae*, the Diptera *Mycetophilidae1* and the Hymenoptera *PteromalidaeS* ([Table 10](#)).

**Table 10.** Summary table with the results from the multivariate Poisson regressions:

Taxa/Variables	Individuals (Occurrence)	Wiegth	Lake	Shore	Sun exposure
<i>Abdera affinis</i>	573 (29)	Y (+)	N	N	N
<i>Abdera flexuosa</i>	407 (37)	N	Y	Y (N-)	Y (1-)
<i>Dorcatoma dresdensis</i>	267 (26)	N	N	N	Y (1-)
<i>Dorcatoma substriata</i>	64 (17)	N	Y	N	N
<i>Ennearthron cornutum</i>	631 (54)	N	N	N	Y (1-)
<i>Anaspis thoracica</i>	22 (17)	N	N	N	N
<i>Archinemapogon yildizae</i>	109 (21)	Y (+)	Y	N	Y (2-)
<i>Nemapogon cloacella</i>	41 (15)	Y (+)	N	N	N
<i>Nemapogon picarellus</i>	66 (15)	Y (+)	N	N	N
<i>Tachinidae1</i>	56 (25)	Y (+)	N	N	N
<i>Mycetophilidae1</i>	17 (11)	N	Y	Y (N-)	Y (1+)

<i>Sciaridae</i> 1	1638 (21)	Y (+)	Y	Y (N-)	N
<i>Cecidiomyidae</i> 1	498 (51)	Y (+)	Y	N	N
<i>Perilampidae</i> 1	57 (16)	Y (+)	N	N	N
<i>Pteromalidae</i> S	42 (12)	N	Y	N	Y (1-)
<i>Hymenop</i> 1	318 (53)	Y (+)	Y	N	N
<i>Larvae</i>	748 (39)	Y (+)	Y	Y (N+)	N
<i>Pseudoscorpion</i>	39 (16)	N	Y	N	N

Where,

Y (= yes): when the variable is significant

N (= no): when the variable is not significant

(+): variable positively related with the abundance of the species

(N-): the species is less abundant at the northern shore

(N+): the species is more abundant at the northern shore

(1-): abundance of the species increases at less exposed sites

(1+): abundance of the species increases at more exposed sites

(2-): exposure level 2 is the one with the lowest abundance of that species

### *A closer look to the variable 'Successional stage'*

Almost 50% of the collected samples were included in the M category of this variable. Near 25% of the samples contained fruiting bodies at successional stage D and 12% at stage C. Samples with fresher fruiting bodies were less abundant in the field, so only 8% of the total samples were classified as A stage and another 8% as B stage. [Figure 9](#) shows us the proportions of the samples taken from the northern and southern shores regarding successional stage of the fruiting bodies.

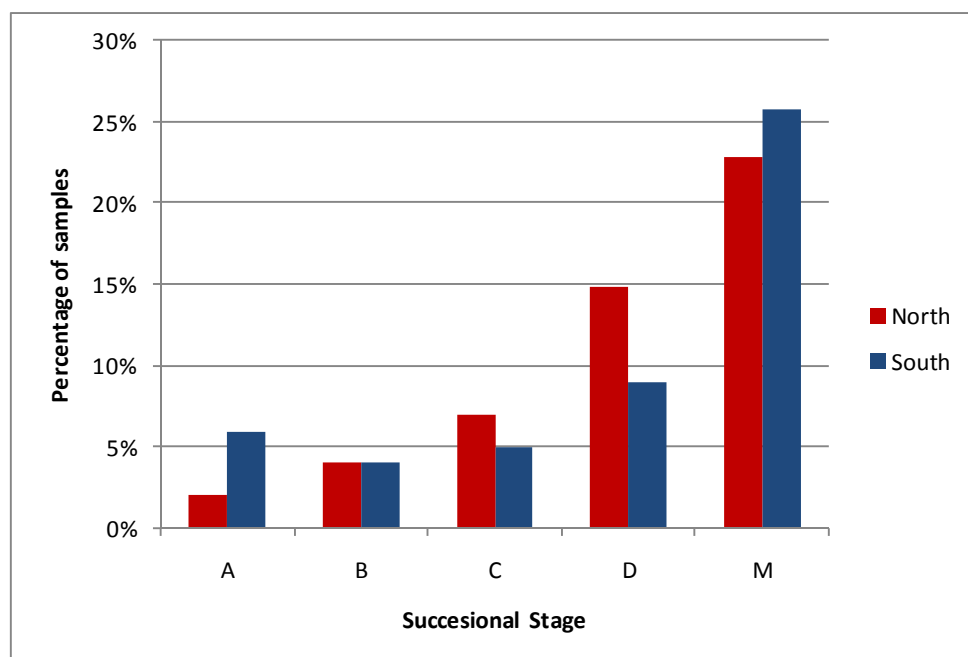


Figure 9. Collected samples classified by shore and successional stage of the fruiting bodies on them

The rarefaction curves obtained for all the reared insects directly related to the fungi, represent the expected species accumulation curves for each successional stage ([Figure 10](#)). Each curve tells us the number of species expected to be collected when we have a certain number of samples from that particular successional stage. Thus, if we had the same number of samples from each successional stage, we expect to find more taxa in the level C, followed by the number of taxa collected in the level D, and then level M, B and A in this order. Considering the 95% confidence intervals, the

significance difference is only statistically demonstrated for the samples belonging to the successional stages C, D and M against the samples belonging to the successional stages A and B.

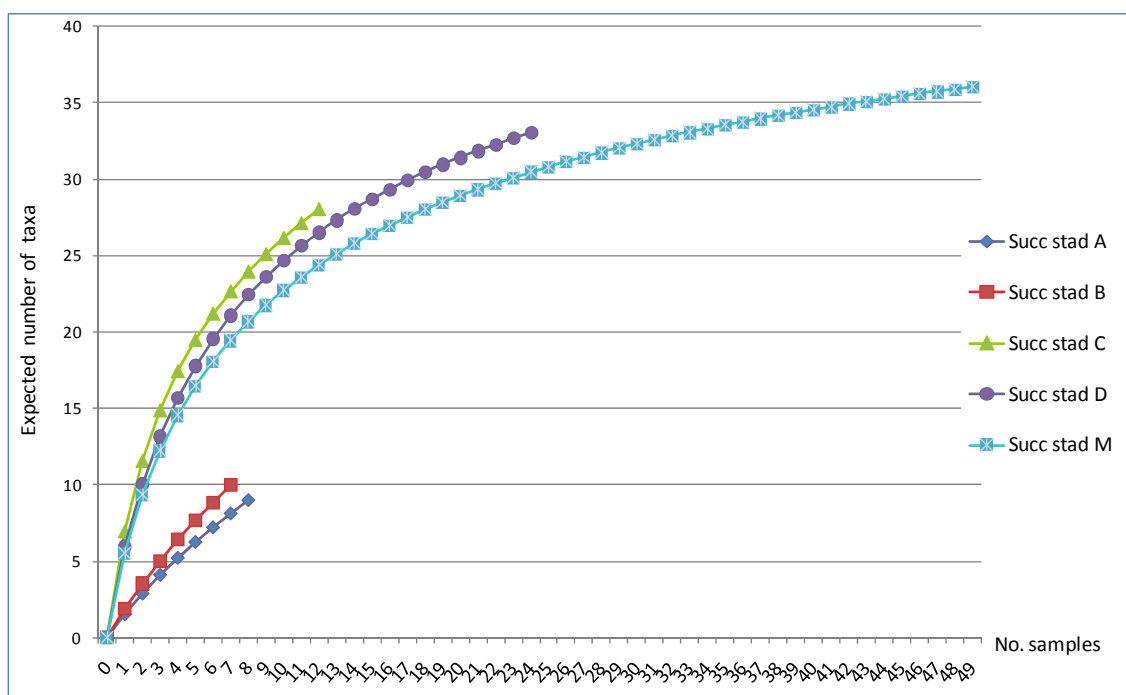


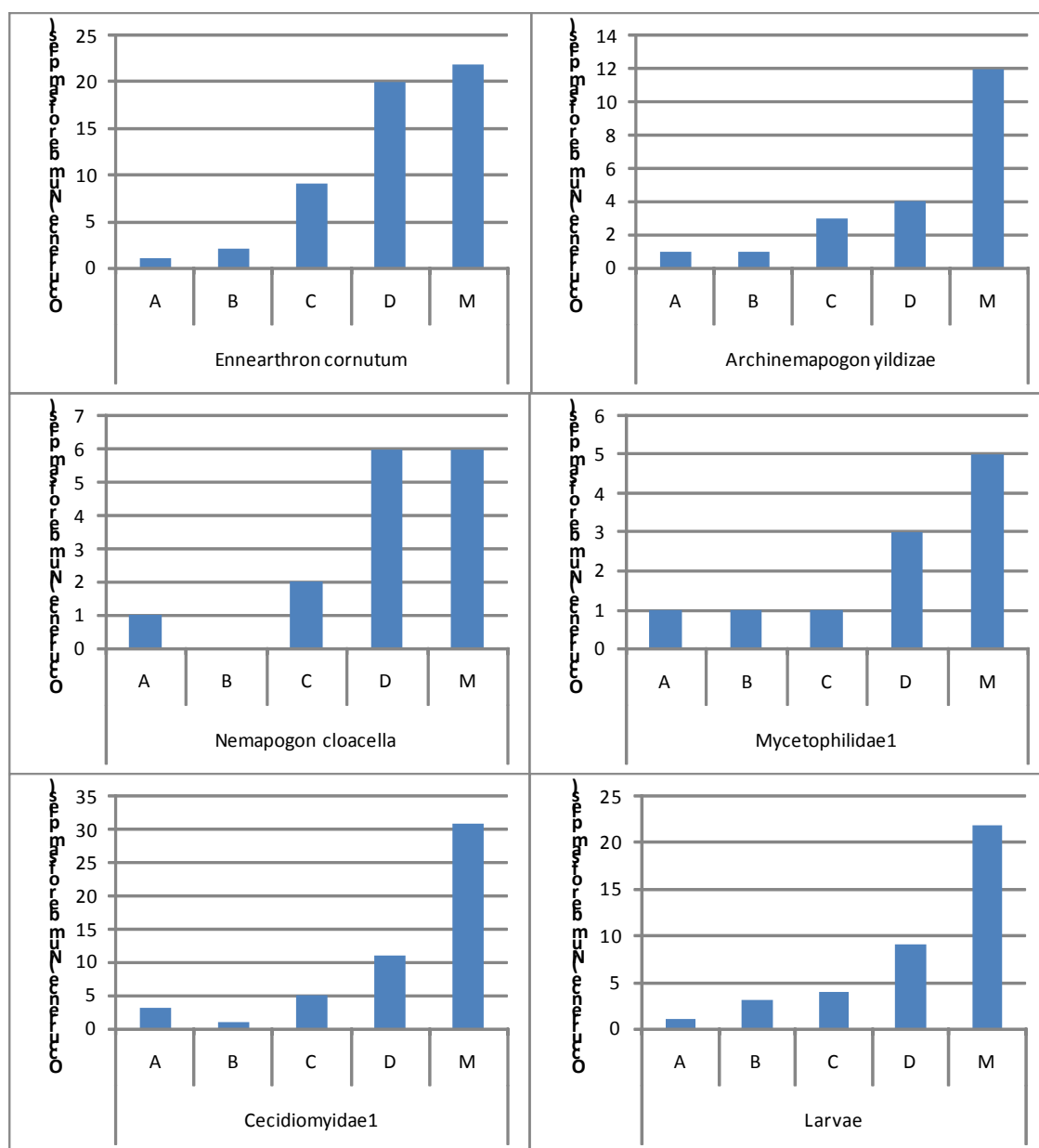
Figure 10.- Rarefaction curves for the different successional stages

For 6 taxa I tested a model including the variables 'weight' and 'successional stage'. The obtained results are presented in [table 11](#) and graphs in [figure 11](#) represent frequency of the analysed taxa depending on the successional stage of the fruiting bodies.

Table 11. Influence of the variable 'successional stage' over 6 taxa:

Taxa/Variables	Weight	Successional Stage
<i>Ennearthron cornutum</i>	N	Y
<i>Archinemapogon yildizae</i>	Y	Y
<i>Nemapogon cloacella</i>	Y	Y
<i>Mycetophilidae1</i>	N	N
<i>Cecidiomyidae1</i>	Y	N
<i>Larvae</i>	Y	Y

Where, Y (=yes): the variable is significant N (=no): the variable is not significant



**Figure 11.-** Frequency by 'successional stage' of six taxa

### Red-listed species and their distributions

According to the B-criterion used for red-listing, we assume that the red-listed species should have a restricted distribution compared to the not red-listed. That is why, we present here a table showing the frequency by lake for the 10 species which turned out to be influenced by this variable according to the multivariate regressions ([Table 12](#)).

**Table 12.-** Frequency by lake of the taxa where this variable is significant

<b>Specie</b>	<b>Aspdalssjön</b>	<b>Ekoln</b>	<b>Erken</b>	<b>Tämnaren</b>	<b>Valloxen</b>	<b>Total</b>
<i>Larvae</i>	3	12	5	6	13	39
<i>Sciaridae</i> 1	1	4	5	4	7	21
<i>Cecidiomyidae</i> 1	4	11	13	10	13	51
<i>Hymenop</i> 1	7	9	15	10	12	53
<i>Abdera flexuosa</i>	7	7	6	5	12	37
<i>Archinemapogon yildizae</i>	2	2	8	4	5	21
<i>Dorcatoma substriata</i>	0	7	4	1	5	17
<i>Pseudoscorpion</i>	2	4	2	3	5	16
<i>Pteromalidae</i> S	1	2	1	3	5	12
<i>Mycetophilidae</i> 1	1	4	2	2	2	11



## Discussion

### *General conclusions about the collected data*

Fulfilling the first aim of the project, valuable original data about the insect community related to *Inonotus radiatus* have been gathered during the project. A few other studies presented data about the insects related to this particular fungus, but never covered the whole community. In contrast, these investigations were focused on only some orders, for instance, Coleoptera and Lepidoptera (Jonsell & Nordlander, 2004) or only Diptera (Ševčík, J., 2004). In contrast to the data presented by Jonsell and Nordlander regarding fungivorous Coleoptera, the species *Tetratoma fungorum* was reared in the present study while it was not presented on their paper. On the other hand, they named the species *Cis alter*, *Cis jacquemartii*, *Cis glabratus* and *Bolitophagus reticulatus* which were not collected from my samples. Regarding Lepidoptera species, four more species that were absent in their paper have been recorded during this project; *Nemapogon nigrallbellus*, *Achillea millefolium*, *Scoparia ambigualis* and *Ectoedemiya*. Ševčík presented four species of Diptera, two of them from the Mycetophilidae family (*Sciophila hirta* and *Dynatosoma fuscicorne*), one Ditomyiidae (*Ditomyia fasciata*) and one Cecidiomyiidae (*Lestodiplosis polypori*). In the present project, determination of Diptera was completed only at family level, but we present at least 2 species of Cecidiomyiidae, one of Mycetophilidae and species belonging to the Chloropidae, Tipulidae, Tachinidae and Sciaridae families. This last family takes an important part of the gathered insect community; however, it was not recorded during Ševčík study.

The presented insect community covers several levels of the trophic chain and is, as we expected, diverse and interesting for performing scientific studies. This complete community supports the idea expressed by many authors (Bütler Sauvain, 2003; Komonen, 2003; Larsson, 2001; Harmon et al., 1986; Jonsell et al., 2001; Grove, 2002; WWF report, Oct 2004) who consider dead wood as a key factor in forest ecosystems, for maintaining biodiversity and protecting threatened species.

Interpreting the rank-abundance plot for the global community (Fig.7), we can see a rich community composed by many taxa, specially having in mind that not all of these taxa have been determined to species level. The curve shows a steep gradient, which indicates low evenness; the high ranking species have much higher abundances than the low ranking species. These dominant taxa correspond to fungivorous Coleoptera, Diptera and Hymenoptera, although the unidentified larvae are also very numerous. At the same time, the rank-occurrence plot also presents a steep slope in the beginning of the curve, which points out that only a few taxa have a high frequency on our samples, while more than 36% of the taxa were only present in ten or less samples out of the 100 studied samples.

Comparing the rank-abundance plots obtained for the northern and southern communities (Fig. 6) we observe that the tail for the northern curve is a bit longer than the one for the southern curve, so in the North a few more taxa seem to be present in the samples just by chance. Other than their tails, though, the shapes for both plots are quite similar, with a relatively steep slope in the beginning of the curves, indicating, as it did for the global community, low evenness. However, sequence of species is different which makes the composition of each community singular. For instance, in the southern community, *Ennearthron cornutum* is the second more abundant taxa, while it places

the fifth position in the northern one. In the North, larvae are the most abundant while in the South it places the sixth position. Thus, communities developed in northern and southern shores have at least a different composition.

### *Variable associations of individual taxa*

The studied taxa showed different responses. None of them were influenced by the 4 considered variables, only one taxon (*Anaspis thoracica*) was not affected by any of the variables and the rest were affected by 1, 2 or 3 variables at the same time ([Table 10](#)). Besides the number of significant variables for each taxa, the affected taxa also present diverse responses against each of these influential variables. These facts can difficult our decisions when defining the right protection, conservation or exploitation practices in a riparian forest. However, the more we learn about the substrate preferences and requirements of individual taxa, the better we can achieve a sustainable management of our forest.

In first place, the results show that the biggest influence over the studied taxa, is caused by the 'weight' of the samples. We did expect this variable to have an important influence over the populations and we consider that the inclusion of this variable in the model was essential, since we needed to take into account the heterogeneity of the samples regarding size. All 10 taxa significantly related to the variable 'weight' become more abundant as the weight of the sample increases. This is probably analog to the mentioned positive relation generally found between the amount of deadwood and the abundance of saproxylic beetle species by authors like Økland (1995), Thunes et al (2000) or Grove (2002).

In the same way 'stem diameter' and 'size of the fungi' may also explain part of the variation for the affected taxa, since the positive correlation between these variables and the variable 'weight' was demonstrated ([Fig.8](#)). In general, little is known about the relationship between 'stem diameter' and the fungivorous insects present in the fruiting bodies growing on the stem. However, this argument may be in accordance with authors opinion that found positive relationships between saproxylic insects and stem diameter of the host trees (Josell, 1998; Ranius & Jansson, 2000), since positive relation between wood-inhabiting fungi and stem diameter has been demonstrated (Økland et al., 1995). Also, the positive relationship between the size of the fungi and the abundance and species richness of the related insects has been supported by authors like Økland et al. (1995), Komonen & Kouki (2005) or Midtgaard et al (1998). I would like to point out that we found this response for 10 of the studied taxa, including all Lepidoptera species and most of the Diptera and Hymenoptera species, but we did not found such a trend for most of our fungivorous beetles. Only *Abdera affinis* was affected by this variable according to our results. Rukke (2002), in his study focused on fungivorous beetles feeding on *Fomes fomentarius*, found this trend for *Dorcatoma dresdensis* (in contrast with our results for this species) and some other fungivorous beetles, although he did not found such a trend for *E. cornutum*, which is in accordance with our results.

Based on his results, Rukke (2002) recommended leaving enough dead wood in the managed forest to assure the existence of *Fomes fomentarius* basidiocarps in order to preserve the diversity of fungivores species. We could extend the recommendation to preserve the fungivorous species associated with our particular scenary. There is a need of maintaining *Alnus glutinosa* trees in the riparian forest and other deciduos species

which together provide sufficient dead wood to assure an adequate supply of *Inonotus radiatus* basidiocarps of different quality. These practices may also impact on the predators, parasitoids and hyperparasitoids related to the system, since their development probably relies, at least partially, on the presence of these fungivorous species.

The variable 'lake' turned out to be one of the most influential variables in the system, being significant for 10 of the 18 taxa. The five studied lakes are geographically close enough for considering their general meteorological and ecological characteristics as common factors, so differences among the habitats provided at each lake probably derive from a lower level than mere geographical location. For a better understanding of the influence of the variable 'lake' over the insect communities, also other related variables characterizing the riparian forest present at each of the lakes should be study. Thus, some variables that could be analyze in further investigations might be type of riparian forest, its composition, dominant tree species, human influence and/or history of the land, water quality...etc. In this way, we could better understand why a lake represents a more valuable spot for certain insects than other, apparently, similar lake.

The variable 'shore' has not been considered as a variable determining a differential sun exposure level in opposite shores of a lake in any of the classical insect studies. Our results tell us that its influence is important for only 4 of the considered taxa, two of them being Diptera groups. Together with the affected beetle *Abdera flexuosa*, these Diptera seem to prefer the southern shores of the lakes, which we consider as more shaded. The last taxon affected by this variable includes all the unidentified larvae, which are more abundant in the more exposed shores represented by the northern shores. This could be showing us a different timing in the development of the insect communities associated with the two shores.

At a different spatial scale, the variable 'sun exposure' also shows us the importance of the received light for the individual taxa. It is significant for six taxa, including three Coleoptera, one Lepidoptera and one Hymenoptera taxa. The two Coleoptera, *Dorcatoma dresdensis* and *Ennearthron cornutum*, being influenced in the model only for this variable, turned out to be more attracted to the most shaded sites. The last Coleoptera affected, *Abdera flexuosa*, is also influenced by the variables 'lake' and 'shore'. It is more abundant in the shaded sites than in the most exposed sites, and we mentioned that it is also more abundant in the southern shores considered as more shaded. It seems to be consequently associated with shaded sites at every level. In contrast, the Mycetophilidae Diptera are favored by sun-exposed sites, although they prefer the most shaded shore too. The Lepidoptera species, *Archinemapogon yildizae*, is more abundant in shaded sites and the least abundant in semi-shaded fruiting bodies, but it is not significantly influenced by the shore.

Particularly, the species *Ennearthron cornutum* turned out to be affected only by this variable and it clearly prefers fruiting bodies at semi or completely shaded sites. Some authors obtained similar conclusions for this and other Ciidae beetles (Jonsell et al., 2001; Thunes et al., 2000) while some others found beetle species with higher frequencies at more sun exposed sites (Midtgaard et al., 1998).

Although this have not been statistically analyzed in this project, we would like to comment that more than 50% of the collected samples for this study correspond to

sun exposure level 2. This might be showing us the requirements regarding light of the fungus, which leads the *Inonotus radiatus* populations to follow certain distribution patterns that may be indirectly determining the fungivorous insects preferences.

### *The variable 'successional stage'*

It seems reasonable to think that the succesional stage of a particular host must be a very important variable for the insects when selecting a substrate. Different species have different preferences and abilities to colonize a substrate depending of its decay stage. This has been demonstrated many times for saproxylic beetles, taking as a variable the decay stage of the woody substrate they inhabit (Gibb et al., 2007; Jonsell et al., 1998; Lawrence, JF, 1973; Jacobs, 2004, etc.). In the same way, it has been analyzed for the different successional stages of fruiting bodies and their associated fauna (Thunes, 1994; Jonsell and Nordlander, 2004; Jonsell et al., 2001; Graves, 1960; Klimaszewski & Peck, 1987, etc.).

Since during the sampling we collected almost all the samples as we walked along the shores, [figure 9](#) shows us that in the northern shores there are more fruiting bodies in a more advanced successional stage while in the south, there are more fresh fruiting bodies. This has not been statistically tested, but it could corroborate our hypothesis of considering the microclimates at northern shores different from the ones created in the south, since the development of the fungus differs from one shore to the opposite. We consider this fact might be affecting the timing and composition of the related insect communities.

The rarefaction curves ([Fig.10](#)) demonstrate a statistically significant difference between the samples containing fruiting bodies at successional stage C, D or M against the samples with successional stage levels A or B. Thus, with an equal number of samples, we can in general expect finding more taxa inhabiting the samples containing older and more decayed fruiting bodies than in the samples with younger and fresher brackets. The M stage curve appears under C and D curves, but over A and B curves. This is logical if we consider it is a mixture of fruiting bodies of different successional stages. Thus, the M curve will be closer to the curve corresponding to the successional stage which proportion is the highest in the total samples included in the M category.

Although the difference between successional stage C and D turned out not to be significant, we can see in the graph how C stage curve is a bit over D stage curve. In this case, insects would prefer fruiting bodies in an advanced successional stage, but not the ones which are already too decayed. At the same time, B stage curve is over A stage curve, so even not being significant, the newest brackets seems to attract the least number of insect species. They have probably not been colonized yet. According to these comments, I would say that more insect species can colonize and inhabit a particular fruiting body as the decay level increases, until it reaches a limit of decomposition over which, the richness of insects selecting that particular host decreases again.

This trend was already defended for several species of Ciidae by Graves in 1960 and very similar results were presented by Jonsell et al. (2001) for several fungivorous species. Among these species were *Dorcatoma dresdensis*, *Dorcatoma robusta* and *Cis lineatocribratus*. Other species wich has been also collected in the present study, such

as *Ennearthron cornutum* or *Cis bidentatus* turned out to follow a slightly different pattern, increasing their frequency with the decay stage of the fruiting bodies. Other species were less frequent in the first successional stage, reached a maximum in the second category to decrease again in the third and the last stage.

In the study carried out by Karl H. Thunes in 1994, fruiting bodies of two different bracket fungi were classified in 5 big groups, and he also presented a similar trend of preference by the related insects. The only difference is that he found more preference for the first stage than we have found.

Similar trend to the one we have found was also presented in a study about red-listed saproxylic invertebrates by Jonsell et al. (1998). They considered seven different categories of successional stage of the woody substrate and the highest number of species was found associated to the 6<sup>th</sup> category. The lowest number of species was found in the first successional stage and it increased until the 6<sup>th</sup> stage, to decline again in the last successional stage.

Four out of the six tested taxa ([Table 11](#)) are influenced by the successional stage of the fruiting bodies. This variable is not significant for the two Diptera taxa, while it is significant for the Coleoptera species, both Lepidoptera species and the larvae.

According to the multivariate regressions and the graph presented in [figure 11](#), the species *Ennearthron cornutum* is more frequent as more advanced is the decay stage of the fruiting bodies. This is in accordance with the results obtained for the same species in Jonsell et al. (2001). The model shows that the Lepidoptera *Archinemapogon yildizae* has preference for fruiting bodies in successional stage C, then D and finally A and B. In contrast, Jonsell et al. study (2001) pointed out different preferences, being the order B, C, A and D stages. Our results regarding *Nemapogon cloacella* explain that it has a preference for old fruiting bodies, but not too old. It prefers C stage, followed by D stage, A and in last place B stage. *Larvae* do not present a clear tendency for new or decayed fungi. They are attracted to B stage in first place, then D, A and C in that order.

### *Red-listed species*

The importance of recording one near threatened species and 3 species included in the same category of the Swedish red list just a few years ago, cannot be underestimated even considering that our expectations regarding collection of red-listed species were probably higher than finding one species. These species should be always on the center of any forest management project carried out in an area where they might be present, making an especial effort for maintaining the habitat required by these insect populations for their right development.

The species *Dorcatoma substriata*, at present classified as near threatened in the region, turned out to be relatively common in our samples. However, its responses to the variable 'lake' in the regressions and looking at [table 12](#), we can see that it actually presents a restricted distribution. It is absent or almost absent in two of the lakes and it concentrates more than 40% of its total occurrences at one particular lake, Ekoln. This matches the B-criterion considered for red-listing, meaning our data reaffirm the decision of maintaining the species on the Swedish red-list. On the other hand, we have

not enough data to statistically analyze how the variable 'successional stage' influences this specie, but it seems to be a very important variable regarding substrate preferences of this beetle. All the collected specimens were reared only from samples with fruiting bodies at C and/or D successional stage level. Actually, 16 out of a total of 17 samples which turned out to be inhabited by this beetle species contained at least some fruiting bodies at D level. The remaining sample contained exclusively fruiting bodies at successional stage C. It is not present at any sample containing only brackets from A and B level. Samples with this beetle classified as M level contain fruiting bodies at D level mixed with fruiting bodies at level C, except three samples which were a mixture composed by fruiting bodies belonging to D and A successional stage levels. They might prefer much decomposed fruiting bodies, being able to colonize the fungus only when the decay stage is already well undertaken.

*Abdera affinis* is not even significantly influenced by the variable 'lake' and it is quite abundant and frequent in our study, being affected only by the weight of the samples. On the other hand, *Abdera flexuosa* is also abundant and frequent on the samples, but it is affected by the variable 'lake', being more common at the lake Valloxen (Table 12). However, this difference does not make its distribution restricted to this particular lake, being well represented at all of them. These data can corroborate the convenient exclusion of the two species from the current red-list, not requiring special protection measurements for their right development and conservation.

The only two specimens recorded of the species *Tetratoma fungorum* were recorded from 2 samples taken at Erken lake, one from each shore, containing fruiting bodies at successional stage C and D. Such a low frequency and abundance tells us that this species is probably not related to this particular fungus. According to Paviour-Smith (1965) the headquarters of this beetle is the birch bracket fungus *Pitoporus betulinus* on birch. Jonsell and Nordlander (2004) also present these beetle species associated with the fungus *Pitoporus betulinus*, while they did not find it associated with *Inonotus radiatus*, which was also considered in their study. In this way, we probably recorded this species just by chance, not being able to draw conclusions about the convenience of being or not included in the red-list.

Observing table 12, we could say that the moth *Archinemapogon yildizae* has a distribution in some way restricted to a few lakes. It is present at all of them, but almost 40% of the samples with this species belongs to Erken lake. Together with Valloxen, they gather more than 60% of the occurrences for this species. According to this argument, this species may be object of further studies to investigate in depth distribution and evolution of this Lepidoptera, considering its possible inclusion in future red-lists if this were estimated necessary.

### Methodological Remarks

Determination of the collected material could have been more detailed and precise. However, taking into account the limited time and resources available for this research, we consider that the presented data is very valuable. It provides a global overview of the whole insect community and it allowed us to complete interesting analysis we wanted to conduct. The information gathered during the project could be the base for further studies focus on either the total community or specific parts of it. Besides, further determination of the material could be carried out if needed, since the

collected individuals are classified and stored in the department where the project was developed. Particularly useful might be the identification of the larvae, due to its importance in number regarding the total community and the differences found among northern and southern samples for this taxon.

The importance of examining the boxes and fruiting bodies after the rearing period must be pointed out too, since it has been crucial for some of the species. For instance, 97.5% of the collected individuals of *Ennearthron cornutum*, were found inside the boxes after the rearing period. This species turned out to be the most frequently found species, collected from 54 different samples and it is as well one of the most numerous in terms of collected individuals (631). The specimens representing the beetle *Tetratoma fungorum* were also recorded thanks to this careful examination of the samples.

More reliable results from the rarefaction curves could have been obtained if the fruiting bodies of different successional stages would have been always separated in the four categories A, B, C and D. This means not having the M category in our data, but for this purpose the sampling design would need to be changed, and regarding other aims of this project, the design was defined as presented. We could have also adjust the curves by other variable, such as 'weight', but we finally did not take this other possibility which could be analyzed in further investigations.



## Acknowledgments

In first place, I thank my supervisors for making this project real and teaching me so much about this wonderful bug's world and about Scandinavia and its people. Thank you Mats, the authentic Swede loving snow, ice, and cold who really needs to swim on the lake when it is (only) 20°C outside. You made me feel as a true researcher from the beginning to the end. Thanks for your support. Thank you Atte, my Finnish supervisor, for your valuable help with the statistics and what is more, for your contagious enthusiasm during the whole project. Thank you both for such a funny days "hunting bugs" walking through amazing frozen lakes. I need to thank you too for your patience and support until the last moment, even being separated for so many kilometres. Of course, thank you for improving my Swedish, Finnish and English. Thank you Bengt Å. Bengtsson for helping us with the determination of the moths.

Thank you "Vita" for your help and friendship. Thanks for sharing with me lab, greenhouse, pancakes and even a dog always with a smile on your face. Thanks for those intense adventures you, Vincent, the car, the snow, the lakes and I lived together. Thanks for helping me with my bugs and for teaching me more about yours and your amazing pictures.

Thank you José Antonio Saíz de Omeñaca, my Spanish supervisor, who accepted to be my supervisor without even knowing me and always supported me from Madrid with interest. Thank you Paz Arraiza, Elena Rascón, Frank Sterner and Maria Starkenberg, without your help and dedication these experiences would not be possible.

Thank you, Ignacio, for being always there. Thank you for supporting me every time, for making my life full of laughs and plans. Thank you for the great excursion to the frozen lake "en busca de la cámara perdida". You make those "sad moments" change into happy ones. Thanks for sharing with me the good and the bad times.

Many thanks to my family: Maite, Pipi, Alipio, Natalia, Susana, Mario and tiny Adrián. Without you and your love nothing would be the same. Thanks for your support in the distance and for your visits to know a little bit more about my Swedish life and of course, about my bugs. Thank you to Celia and Maca. We three are always together even living in three different countries. Thanks for making me know that this will be like this forever.

Thanks to my old friends from Madrid and to my new friends from almost everywhere. They are also part of my life and part of this project. Special thanks to my classmates from Montes, it was great to go through our University years together and I am happy to know we will go through many other things together.

**Appendix 1.** Summary table presenting the measured environmental variables at the 5 different lakes

Sample	Shore	Lake	Stem diam (cm)	Dist. Shore (cm)	Weight (g)	Size2 (cm <sup>2</sup> )	Height first fungus (cm)	Height last fungus (cm)	Successional stage	Exposition side	Sun exposure
1	North	Erken	31	480	265	1800	150	270	M	SE	2
2a	North	Erken	26	800	210	375	0	15	C	S	3
2b	North	Erken	26	800	200	1800	40	240	C	S	3
3	North	Erken	15	800	225	576	24	60	M	E	1
4	North	Erken	26	640	205	960	100	220	C	E	1
5	North	Erken	22	80	137	1040	70		M	NW	2
6	North	Erken	16	160	220	1400	0	400	C	N	1
7	North	Erken	11	0	210	960	30	90	D	S	1
8	North	Erken	28	0	245	1600	0	320	M	NE	1
9	North	Erken	13	2080	355	825	0	56	C	SE	3
10	North	Erken	14	800	150	160	0	40	C	N	3
11	South	Erken	22	1120	281	1725	0	230	A	S	3
12	South	Erken	27	4480	325		0	300	M	S	3
13	South	Erken	39	480	375	>5600	0	2000	M	S	2
14	South	Erken	24	320	130	660	30	140	D	NE	1
15	South	Erken	24	800	290	1400	0	170	M	S	2
16	South	Erken	44	1120	430	10380	0	340	A	All	2
17	South	Erken	17	640	265	1140	0	190	C	N	2
18	South	Erken	21	4480	405		0	220	M	NW	2
19	South	Erken	20	960	205	355,2	0	74	M	NE	3
20	South	Erken	36	640	495		0	800	M	NE	2
21	North	Aspdalssjön	17	1440	130	1200	0	200	D	N	3
22	North	Aspdalssjön	15	1760	150	1320	0	220	D	NE	2
23	North	Aspdalssjön	18	1120	114	555	74	130	B	NE	3
24	North	Aspdalssjön	27	1760	145	1278	28	170	B	NE	3
25	North	Aspdalssjön	19	320	211	1800	50	400	M	S	2
26	North	Aspdalssjön	16,5	1280	250	1170	55	210	A	NE	3
27	North	Aspdalssjön	12	1440	190	480	0	80	M	NE	3
28	North	Aspdalssjön	10	1440	122	60	0	90	M	N	2

Sample	Shore	Lake	Stem diam (cm)	Dist. Shore (cm)	Weight (g)	Size2 (cm <sup>2</sup> )	Height first fungus (cm)	Height last fungus (cm)	Successional stage	Exposition side	Sun exposure
29	North	Aspdalssjön	12	250	155	525	0	160	D	S	2
30	North	Aspdalssjön	10	960	180	800	0	50	C	NE	2
31	South	Aspdalssjön	7	1920	78	76,8	28	48	B	S	2
32	South	Aspdalssjön	8,5	1280	62	259,2	18	58	M	W	2
33	South	Aspdalssjön	7	1760	114	1008	150	220	D	W	3
34	South	Aspdalssjön	14,5	800	190	1200	0	200	M	SW	1
35	South	Aspdalssjön	11	1920	98	900	90	400	B	NE	2
36	South	Aspdalssjön	11	1440	72	560	32	60	C	N	1
37	South	Aspdalssjön	34	1440	160	1680	160	300	M	N	1
38	South	Aspdalssjön	6,5	160	42	250	25	70	B	W	2
39	South	Tämnaren	40	640	360	3900	0	155	M	SW	2
40	South	Tämnaren	16	240	270	600	0	120	M	All	2
41	South	Tämnaren	22	160	150	900	0	110	M	SW	2
42	South	Tämnaren	11	0	124	1625	0	130	A	All	1
43	South	Tämnaren	18	80	160	920	0	230	M	NE	2
44	South	Tämnaren	13	80	135	486	0	90	A		2
45	South	Tämnaren	22	160	82	180	0	20	D	NE	2
46	South	Tämnaren	21	160	215	1200	0	120	M	E	1
47	South	Tämnaren	23	0	210	1330	0	95	M	E	2
48	South	Tämnaren	23	0	275	1725	0	180	M	NE	1
49	South	Tämnaren	16	240	116	344	0	15y25	D	S	2
50	North	Tämnaren	25	1440	108	96	0	20	D	S	2
51	North	Tämnaren	18	1520	210	1865	0	210	M	N	3
52	North	Tämnaren	22	1120	70	300	0	70	D	N	3
53	North	Tämnaren	19	880	270	1530	0	170	M	All	2
54	North	Tämnaren	20	800	94	140	0	110	M	NE	2
55	North	Tämnaren	21	240	210	800	0	175	M	S	2
56	North	Tämnaren	25	400	170	1600	0	110	D	N	3
57	North	Tämnaren	24	640	260	900	0	220	M	All	3
58	North	Tämnaren	16	160	250	420	0	70	D	N	1
59	North	Tämnaren	11	80	74	50	0	50	M	NE	2

Sample	Shore	Lake	Stem diam (cm)	Dist. Shore (cm)	Weight (g)	Size2 (cm <sup>2</sup> )	Height first fungus (cm)	Height last fungus (cm)	Successional stage	Exposition side	Sun exposure
60	North	Valloxen	13	480	190	420	120	180	M	S	1
61	North	Valloxen	13	1920	42	420	0	56	M	all	3
62	North	Valloxen	20	1120	72	260	10	50	M	E	2
63	North	Valloxen	8	2080	80	220	33	60	M	N	1
64	North	Valloxen	20	0	205	1080	20	110	M	N	1
65	North	Valloxen	19	1440	150	240	0	60	M	N	3
66	North	Valloxen	65	3040	215	1485	90	200	D	W	3
67	North	Valloxen	24	160	240	780	25	220	D	S	2
68	North	Valloxen	15	1600	175	480	0	60	M	S	2
69	North	Valloxen	14,5	800	102	384	0	45	M	S	2
70	South	Valloxen	44	640	280	1200	0	700	M	N	2
71	South	Valloxen	15	1440	114	1275	90	??	C	S	2
72	South	Valloxen	16	0	185	900	15	100	B	W	1
73	South	Valloxen	21	160	74	250	15	100	M	E	2
74	South	Valloxen	13	160	56	234	0	30	M	N	1
75	South	Valloxen	16	320	250	1170	0	290	M	N	1
76	South	Valloxen	14	80	130	600	0	80	D	E	1
77	South	Valloxen	16	320	56	2250	70	200	D	E	2
78	South	Valloxen	21	160	195	4000	40	750	M	NW	2
79	South	Valloxen	13	320	150	562,5	30	320	M	W	2
80	North	Ekoln	29	400	230	435	0	145	B	E	2
81	North	Ekoln	19	0	86	267,5	0	80	D	S	2
82	North	Ekoln	32	640	300	480	0	90	D	W	2
83	North	Ekoln	45	400	320	1320	0	350	D	S	2
84	North	Ekoln	23	400	250	900	0	220	M	E	2
85	North	Ekoln	44	240	355	7200	0	900	D	W	2
86	North	Ekoln	22	560	370	684	0	120	B	S	3
87	North	Ekoln	24	160	66	600	20	55	D	S	1
88	North	Ekoln	50	160	760	2650	0	500	M	all	1
89	North	Ekoln	32	2400	295	600	0	360	A	W	1

Sample	Shore	Lake	Stem diam (cm)	Dist. Shore (cm)	Weight (g)	Size2 (cm <sup>2</sup> )	Height first fungus (cm)	Height last fungus (cm)	Successional stage	Exposition side	Sun exposure
90	South	Ekoln	7	320	114	378	20	110	C	E	2
91	South	Ekoln	22	400	96	1800	20	190	D	E	2
92	South	Ekoln	21	400	114	1540	15	125	D	E	3
93	South	Ekoln	12	160	210	160	0	170	A	E	2
94	South	Ekoln	39	160	180	669,5	0	900	M	S	2
95	South	Ekoln	7	80	62	315	15	50	C	S	2
96	South	Ekoln	26	320	375	4800	70	600	A	S	2
97	South	Ekoln	12	240	48	97,5	40	170	D	N	2
98	South	Ekoln	18	80	215	6375	0	800	M	ES	2
99a	South	Ekoln	29	160	245	11160	0	500	M	ES	2
99b	South	Ekoln	29	160	275	11160	0	500	M	ES	2

**Appendix 2.** Poisson Regression models for species tasted for associations with environmental variables (numbers in bold meaning significant result):

Source	NDF	Chi-Square	Pr > Chi	Source	NDF	Chi-Square	Pr > Chi
<i>Abdera affinis</i>				<i>Perilampidae1</i>			
WEIGHT	1	3,3314	0,0680	WEIGHT	1	4,7566	<b>0,0292</b>
LAKE	4	7,7680	0,1005	LAKE	4	6,6050	0,1583
SHORE	1	0,4649	0,4953	SHORE	1	2,9308	0,0869
SUN EXPOSURE	2	2,3555	0,3080	SUN EXPOSURE	2	4,8231	0,0897
<i>Abdera flexuosa</i>				<i>Tachinidae1</i>			
WEIGHT	1	0,9623	0,3266	WEIGHT	1	4,5855	<b>0,0322</b>
LAKE	4	15,8163	<b>0,0033</b>	LAKE	4	3,3776	0,4967
SHORE	1	5,2708	<b>0,0217</b>	SHORE	1	0,1507	0,6978
SUN EXPOSURE	2	6,9169	<b>0,0315</b>	SUN EXPOSURE	2	2,8694	0,2382
<i>Anaspis thoracica</i>				<i>Mycetophilidae1</i>			
WEIGHT	1	1,1514	0,2833	WEIGHT	1	1,6885	0,1938
LAKE	4	5,3138	0,2562	LAKE	4	12,9735	<b>0,0114</b>
SHORE	1	0,6169	0,4322	SHORE	1	8,3271	<b>0,0039</b>
SUN EXPOSURE	2	2,4936	0,2874	SUN EXPOSURE	2	20,2128	<b>0,0001</b>
<i>Dorcatoma dresdensis</i>				<i>PerilampidaeS</i>			
WEIGHT	1	2,3311	0,1268	WEIGHT	1	3,5571	0,0593
LAKE	4	6,5717	0,1603	LAKE	4	29,2773	<b>0,0001</b>
SHORE	1	1,5356	0,2153	SHORE	1	0,6540	0,4187
SUN EXPOSURE	2	5,9428	<b>0,0512</b>	SUN EXPOSURE	2	16,7170	<b>0,0002</b>
<i>Dorcatoma substriata</i>				<i>Sciaridae1</i>			
WEIGHT	1	0,8032	0,3701	WEIGHT	1	48,0835	<b>0,0001</b>
LAKE	3	13,3792	<b>0,0039</b>	LAKE	4	11,7625	<b>0,0192</b>
SHORE	1	0,2297	0,6317	SHORE	1	2,4697	0,1161
SUN EXPOSURE	2	5,4365	0,0660	SUN EXPOSURE	2	0,8022	0,6696
<i>Ennearthron cornutum</i>				<i>Cecediomyidae1</i>			
WEIGHT	1	1,5185	0,2179	WEIGHT	1	11,7135	<b>0,0006</b>
LAKE	4	1,2319	0,8728	LAKE	4	14,4910	<b>0,0059</b>
SHORE	1	3,0421	0,0811	SHORE	1	0,0119	0,9131
SUN EXPOSURE	2	5,1122	0,0776	SUN EXPOSURE	2	0,9723	0,6150
<i>Archinemapogon yildizae</i>				<i>Hymenop1</i>			
WEIGHT	1	18,5121	<b>0,0001</b>	WEIGHT	1	8,6680	<b>0,0032</b>
LAKE	4	23,9053	<b>0,0001</b>	LAKE	4	18,8975	<b>0,0008</b>
SHORE	1	2,1320	0,1442	SHORE	1	0,2089	0,6477
SUN EXPOSURE	2	9,6170	<b>0,0082</b>	SUN EXPOSURE	2	4,4534	0,1079
<i>Nemapogon cloacella</i>				<i>Larvae</i>			
WEIGHT	1	19,3544	<b>0,0001</b>	WEIGHT	1	4,7452	<b>0,0294</b>
LAKE	3	3,2237	0,3584	LAKE	4	47,7341	<b>0,0001</b>
SHORE	1	0,1329	0,7154	SHORE	1	8,1265	<b>0,0044</b>
SUN EXPOSURE	2	2,5243	0,2830	SUN EXPOSURE	2	2,8077	0,2456

---

*Nemapogon picarellus*

---

WEIGHT	1	4,2025	<b>0,0404</b>
LAKE	4	4,4218	0,3519
SHORE	1	1,8034	0,1793
SUN EXPOSURE	2	1,6084	0,4474

---

---

*Pseudoscorpion*

---

WEIGHT	1	3,2552	0,0712
LAKE	4	13,2013	<b>0,0103</b>
SHORE	1	0,0356	0,8503
SUN EXPOSURE	2	3,4397	0,1791

---



## Bibliography and references

- Bader P., Jansson S. and Jonsson B.G., 1995. Wood-inhabiting fungi and substratum decline in selectively logged boreal spruce forests. *Biol. Conserv.* **72** (1995), pp. 355–362
- Baranowski, R., 1985. Central and Northern European *Dorcatoma* (Coleoptera: Anobiidae). With a key and description of a new species. *Entomologica Scandinavia*, 16:203-207. Copenhagen, Denmark. December 1985. ISSN 0013-8711.
- Berg, A, Ehnström, B., Gustafsson, L., Hallingbäck, T., Jonsell, M., and Weslien, J., 1994. Threatened plant, animal, and fungus species in Swedish forests: distribution and habitat associations. *Conservation Biology* **8**, 718-731.
- Berg, A, Ehnström, B., Gustafsson, L., Hallingbäck, T., Jonsell, M. And Weslien, J., 1995. Threat Levels and Threats to Red-Listed Species in Swedish Forests. *Conservation Biology Vol. 9, No. 6 (Dec. 1995)*, 1629-1633
- Brunet, J. and Gunnar I., 2008. Influence of snag characteristics on saproxylic beetle assemblages in south Swedish beech forest. *Springer Science+Business Media B.V.* 2008.
- Buczacki, S. and Harris, K. 1998. Guide to pests, diseases and disorders of garden plants. *Collins*.
- Bütler Sauvain, R. 2003. Dead wood in managed forests: how much and how much is enough? : development of a snag-quantification method by remote sensing & GIS and snag targets based on Three-toed woodpeckers' habitat requirements. *Thèse EPFL, no 2761 (2003). Dir.: Rodolphe Schlaepfer*
- Cobos Suarez, J.M. 1988. Contribución al conocimiento de la fauna de L.) Gaertner] y su control. *Boletín de Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. No. 14.* 349pp.
- Ehnström, B., Gärdenfors, U. & Lindelöw, Å. 1993. Rödlistade evertetrater i Sverige 1993. (Swedish Red-list of Invertebrates 1993). – *Databanken för hotade arter*.
- Ehnström, B., 2003. Leaving Dead Wood for Insects in Boreal Forests - Suggestions for the Future. *Scandinavian Journal of Forest Research, Volume 16, Issue 2 Supplement 3 March 2001 , pages 91 - 98*
- Feinsinger, P. 1948. Designing field studies for biodiversity conservation. *The Nature Conservancy 2001. Island press*.
- Germain, H.G., L. Laflamme, L. Bernier, B. Boulet, and R.C. Hamelin. 2002. DNA polymorphism and molecular diagnosis in *Inonotus* spp. *Can. J. Plant Pathol.* **24**:194-199.

- Gibb, H., Hilszczajski, J., Hjältén, J., Danell, K., Ball, J.P., Pettersson, R.B. and Alinvi, O. 2007. Responses of parasitoids to saproxylic hosts and habitat: a multi-scale study using experimental logs. *Oecologia* 2008, 155: 63-74.
- Gilberston, R. L. 1969. A new species of *Inonotus* on Southwestern sycamores. *The southwestern naturalist* 14 (1) 123-125
- Gilbertson R.L., Ryvarden L. 1986. North American Polypores. Vol. I. Fungiflora, Oslo.
- Gilbertson R.L., Ryvarden L. 1987. North American Polypores. Vol. II. Fungiflora, Oslo.
- Gotelli, N. J. & Colwell, R. K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379-391.
- Gottlieb A. M, Wright J. E. and MONCALVO J-M. 2002. *Inonotus* s. l. in Argentina – morphology, cultural characters and molecular analyses. *Mycological Progress* 1(3): 299-313
- Grand, L.F. and Vernia, C.S., 2005 - Biogeography and hosts of poroid wood decay fungi in North Carolina: species of *Coltricia*, *Coltriciella* and *Inonotus*. *Department of Plant Pathology, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina*
- Graves, R. C. 1960. Ecological observations on the insects and other inhabitants of woody shelf fungi (Basidiomycetes: Polyporaceae) in the Chicago area. *Annals of the Entomological Society of America*.
- Grove, S. J. 2002. Saproxylic insect ecology and the sustainable management of forests. *Annual Reviews Ecol. Syst.* 2002. 33: 1-23.
- Gärdenfors, U. 2000. Rödlistade arter i Sverige 2000 - The 2000 red list of Swedish species. – *ArtDatabanken, SLU, Uppsala*.
- Gärdenfors, U. 2005. Rödlistade arter i Sverige 2005. – *ArtDatabanken, SLU, Uppsala*.
- Hansen, V. 1964. Fortegnelse over Danmarks biller 1. og 2. del. (Catalogue of the Coleoptera of Denmark 1 and 2nd part). – *Entomologiske Meddelelser* 33: 1-507.
- Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., Anderson, N. H., Cline, S. P., Aumen, N. G., Sedell, J. R., Lienkaemper, G. W., Cromack, K., Cummins, K. W. and JR. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological research*. Vol. 15.

- Intini, M. And Tello, M. L. 2003. Comunicación Investigaciones sobre hongos xilófagos de árboles urbanos en Europa: primera cita de *Inonotus rickii* (Pat.) Reid en España. *Bol. San. Veg. Plagas*, 29: 277-279.
- Johansson, T. 1999. Site Index Curves for Common Alder and Grey Alder Growing on Different Types of Forest Soil in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14:5, 441 — 453
- Jonsell, M., Nordlander, G. & Ehnström, B. 2001. Substrate associations of insects breeding in fruiting bodies of wood-decaying fungi. *Ecological bulletins* 49: 173-194.
- Jonsell, M. & Nordlander, G. 1999. Insects in polypore fungi as indicator species: a comparison between forest sites differing in amounts and continuity of dead wood. *Forest Ecology and Management* 157 (2002) 101-118.
- Jonsell, M. & Nordlander, G. 2004. Host selection patterns in insects breeding in bracket fungi. *Ecological Entomology* 29, 697-705.
- Jonsell, M., Weslien, J. and Ehnström, B. 1998. Substrate requirements of red-listed saproxylic invertebrates in Sweden. *Biodiversity and Conservation* 7, 749-764 (1998)
- Jonson, B. G. and Jonsell, M. 1999. Exploring potential biodiversity indicators in boreal forests. *Biodiversity and Conservation* 8: 1417–1433. *Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.*
- Jonsson, M. & Nordlander, G., 2006. Insect colonization of fruiting bodies of the wood-decaying fungus *Fomitopsis pinicola* at different distances from an old-growth forest. *Biodiversity and Conservation* 2006. 15: 295-309.
- Kajba, D. and Gračan, J. 2003. Technical Guidelines for genetic conservation and use for black alder (*Alnus glutinosa*). *EUFORGEN International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 4 pages.*
- Klimaszewski, J. and Peck S.B. 1987. Succession and phenology of beetle faunas (Coleoptera) in the fungus *Polyporellus squamosus* (Huds.: Fr.) Karst. (Polyporaceae) in Silesia, Poland. *Canadian Journal of Zoology* 65: 542–550
- Koch, K. 1989-1992. Die Käfer Mitteleuropas. Ökologie. *Band 1-3. – Goecke & Evers, Krefeld.*
- Kouki, J., Löfman S., Martikainen, P., Rouvinen, S. and Uotila, A., 2001. Forest Fragmentation in Fennoscandia: Linking Habitat Requirements of Wood-associated Threatened Species to Landscape and Habitat Changes. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1651-1891, Volume 16, Issue 2, Supplement 3, 2001, Pages 27 – 37

- Komonen, A. 2003. Hostspots of insect diversity in boreal forests. *Conservation biology*, Vol. 17, No. 4. p. 976-981.
- Komonen, 2006. Local spatial pattern of two specialist beetles species (Ciidae) in the fruiting bodies of *Fomitopsis pinicola*. *Ecoscience* 13:272–377, 2006.
- Komonen, A. 2009. Riparian forest characteristics and their variation along the lakeshore-upland ecotone. *Scandinavian Journal of Forest Research (in press)*
- Komonen, A. & Kouki, J. 2005. Occurrence and abundance of fungus-dwelling beetles (Ciidae) in boreal forests and clearcuts: habitat associations at two spatial scales. *Animal biodiversity and Conservation* 28.2.
- Komonen, A., Niemi, M. E. & Junninen, K. 2008. Lakeside riparian forests support diversity of wood fungi in managed boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 38, 2650-2659
- Larsson, T.-B. 2001. Biodiversity evaluation tools for European forests. *Ecological bulletins*, 50.
- Legon, N.W. & Henrici, A. with Roberts, P.J., Spooner, B.M. & Watling, R., 2005. Checklist of the British and Irish *Basidiomycota*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Lindhe, A., Lindelöw, A., Åsenblad, N. 2005. Saproxylic beetles in standing dead wood density in relation to substrate sun-exposure and diameter. *Biodiversity and Conservation* 14: 3033-3053.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. *Blackwell Science Ltd*
- Midtgaard, F., Rukke, B.A. and Sverdrup-Thygeson, A. 1998. Habitat use of the fungivorous beetle *Bolitophagus reticulatus* (Coleoptera: Tenebrionidae): Effects of basidiocarp size, humidity and competitors. *European Journal of Entomology* 95: 559-570.
- Muñoz, M. C., Cobos, J. M. 1986. Exudaciones gomosas en alisos (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner asociadas con la presencia de hongos vasculares. *Bol. San. Veg. Plagas*, 12:167-179.
- Nationalnyckeln till Sveriges Flora och Fauna, 2005. Fjärilar: Dagfjärilar. Hesperiidae – Nymphalidae.
- Naiman, R. J. and Décamps H. 1990. The Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones. *Man and the biosphere series*.
- Neuman, J. J., 1914. The Polyporaceae of Wisconsin. Madison, Wis., The State

- Olsson, J., 2008. Colonization patterns of wood-inhabiting fungi in boreal forest. *PhDthesis, Umeå University*
- Økland, B., Bakke A., Hagvar, S. and Kvamme, T., 1995. What factors influence the diversity of saproxylic beetles? A multiscaled study from a spruce forest in southern Norway. *Biodiversity and Conservation Vol. 5*, 75-100 (1996)
- Palm, T. 1959. Die Holz- und Rindenkäfer der süd- und mittelschwedischen Laubbäume. – *Opuscula Entomologica Supplementum 16: 1-374*.
- Paviour-Smith, K. 1965. Some Factors Affecting Numbers of the Fungus Beetle *Tetratoma fungorum* F. *Journal of Animal Ecology Vol. 34, No. 3* (Oct., 1965), pp. 699-724
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. 2002. Experimental design and data analysis for biologists. *Cambridge University Press*.
- Ramos, A.P., Caetano, M. F. and Melo, I. 2007. *Inonotus rickii* (Pat.) Reid: an important legnicolous basidiomycete in urban trees. *Revista de Ciencias Agrarias. 5º Congreso de la Sociedad Portuguesa de Fitopatología, Coimbra 2007*.
- Risser P. G. 1995. The Status of the Science Examining Ecotones *BioScience, Vol. 45, No. 5* (May, 1995), pp. 318-325
- Rukke, B. A, 2002. Fungivorous beetles in basidiocarps of *Fomes fomentarius* respond differently to microhabitat variables. *European J. Entomology. Vol. 99. 43-52, 2002*.
- Schiemer, F. and Zalewski, M. 1992. The importance of riparian ecotones for diversity and productivity of riverine fish communities. *Netherlands Journal of Zoology Vol. 42, no. 2-3, pp. 323-335*.
- Schigel, D.S, 2009. Polypore assemblages in boreal old-growth forests, and associated Coleoptera. *Botanical Museum, Finnish Museum of Natural History and University of Helsinki, Finland, 2009*.
- Stenbacka, F., 2009. Response of saproxylic insect communities to forestry: implications for conservation *Doctoral Thesis - Faculty of Forest Sciences, Swedish University of Agricultural, Umeå*
- Ševčík, J., 2006. Diptera associated with fungi in the Czech and Slovak Republics. *Čas. Slez. Muz. Opava (A), 55, suppl.2: 1-84, 2006*.
- Thunes, K.H 1994. The coleopteran fauna of *Piptoporus betulinus* and *Fomes fomentarius* (Aphyllphorales: Polyporaceae) in western Norway. *Entomologica Fennica, 12 December 1994*.

- Thunes, K.H, Midtgaard, F., Gjerde, I., 2000. Diversity of the Coleoptera of the bracket fungus *Fomitopsis pinicola* in a Norwegian spruce forest- *Biodiversity and Conservation*, 9: 833–852, 2000
- Wagner, T. and Fischer, M. 2002. Proceedings towards a natural classification of the worldwide taxa *Phellinus* s.l. and *Inonotus* s.l., and phylogenetic relationships of allied genera. *Mycologia*, 94(6), 2002, pp.998-1016. by the *Mycological Society of America*, Lawrence.
- Whittaker, R.H., 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.

#### Internet sources:

- ArtDatabanken 2009 - Swedish Species Information Centre. *Official Swedish Red Lists*  
[www.artdata.slu.se/english/redlist.asp](http://www.artdata.slu.se/english/redlist.asp)
- Borowiec, L. 2009. *Iconographia Coleopterorum Poloniae (Chrzyszcz Polski)*  
<http://www.colpolon.biol.uni.wroc.pl>
- Colwell, R. K. 2006. *EstimateS: Statistical estimation of species and shared species from samples. Version 8.0.0.*  
<http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>.
- Ecoplexity – Teaching ecological complexity, 2009. *Community analyses; rank-abundant plots.*  
[http://ecoplexity.org/community\\_analysis](http://ecoplexity.org/community_analysis)
- Encora - Coastal portal, 2009. *Measurements of biodiversity*  
[http://www.coastalwiki.org/coastalwiki/Measurements\\_of\\_biodiversity](http://www.coastalwiki.org/coastalwiki/Measurements_of_biodiversity)
- IUCN, 2010. *IUCN Red List of Threatened Species, Version 2010.1.*  
<http://www.iucnredlist.org/>
- IUCN, 2001. *IUCN Red List Categories and Criteria version 3.1.*  
<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/categories-and-criteria/2001-categories-criteria#categories>
- The beetle fauna of Germany by Christopf Benisch, 2007-2010.  
<http://www.kerbtier.de/cgi-bin/enFeature.cgi>
- The insects of Cedar Creek, 2002.  
<http://cedarcreek.umn.edu/insects/index.html>
- WWF Report, October 2004. *Deadwood – Living forests.*  
<http://assets.panda.org/downloads/deadwoodwithnotes.pdf>